

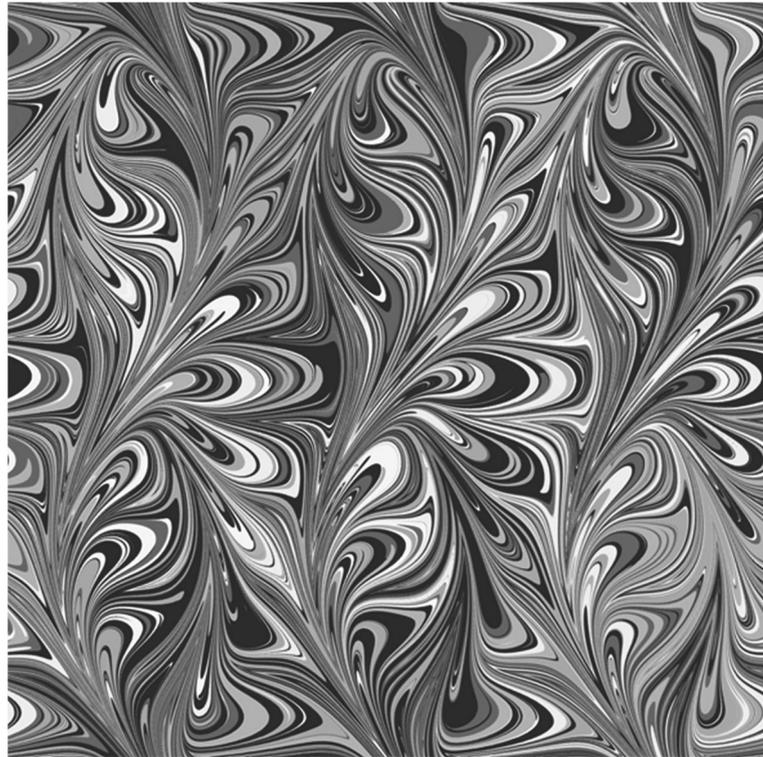
ASIM WORKSHOP 2023

STS / GMMS / EDU

Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge

REPORT 22

ARGESIM



ASIM Fachgruppenworkshop 2023

STS Simulation Technischer Systeme
GMMS Grundlagen und Methoden in der Simulation
EDU Simulation und Edukation



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

INF

6. - 7. März 2023

Herausgegeben Claudia Krull; Walter Commerell,
Umut Durak, Andreas Körner, Thorsten Pawletta

ISBN ebook 978-3-903347-62-5
ARGESIM Report 22
www.argesim.org

DOI 10.11128/arep.22
ASIM Mitteilung 186
www.asim-gi.org



ASIM



ASIM



ASIM



ASIM Books – ASIM Book Series – ASIM Buchreihen

Monographs / Proceedings

- Proceedings Langbeiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU - ASIM Fachgruppenworkshop 2023**
 Univ. Magdeburg, März 2023; C. Krull; W. Commerell, U. Durak, A. Körner, T. Pawletta (Hrsg.)
 ARGESIM Report 21; ASIM Mitteilung 185; ISBN ebook 978-3-903347-61-8, DOI 10.11128/arep.21, ARGESIM Verlag, Wien, 2023
- Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU - ASIM Fachgruppenworkshop 2023**
 Univ. Magdeburg, März 2023; C. Krull; W. Commerell, U. Durak, A. Körner, T. Pawletta (Hrsg.)
 ARGESIM Report 22; ASIM Mitteilung 186; ISBN ebook 978-3-903347-62-5, DOI 10.11128/arep.22, ARGESIM Verlag, Wien, 2023
- Proceedings Langbeiträge ASIM SST 2022 -26. ASIM Symposium Simulationstechnik, TU Wien, Juli 2022**
 F. Breitenecker, C. Deatcu, U. Durak, A. Körner, T. Pawletta (Hrsg.), ARGESIM Report 20; ASIM Mitteilung AM 181
 ISBN ebook 978-3-901608-97-1, DOI 10.11128/arep.20, ARGESIM Verlag Wien, 2022; ISBN print 978-3-903311-19-0, TU Verlag
- Proceedings Kurzbeiträge ASIM SST 2022 -26. ASIM Symposium Simulationstechnik, TU Wien, Juli 2022**
 F. Breitenecker, C. Deatcu, U. Durak, A. Körner, T. Pawletta (Hrsg.), ARGESIM Report 19; ASIM Mitteilung AM 179
 ISBN ebook 978-3-901608-96-4, DOI 10.11128/arep.19, ISBN print 978-3-901608-73-5, ARGESIM Verlag Wien, 2022
- Simulation in Production and Logistics 2021 – 19. ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik**
 Online Tagung, Sept. 2021, J. Franke, P. Schuderer (Hrsg.), Cuvillier Verlag, Göttingen, 2021,
 ISBN print 978-3-73697-479-1; ISBN ebook 978-3-73696-479-2; ASIM Mitteilung AM177
- Proceedings ASIM SST 2020 – 25. ASIM Symposium Simulationstechnik, Online-Tagung**
 14.-15.10.2020; C. Deatcu, D. Lücknerath, O. Ullrich, U. Durak (Hrsg.), ARGESIM Verlag Wien, 2020;
 ISBN ebook: 978-3-901608-93-3; DOI 10.11128/arep.59; ARGESIM Report 59; ASIM Mitteilung AM 174

Book Series Fortschrittsberichte Simulation – Advances in Simulation

- Cooperative and Multirate Simulation: Analysis, Classification and New Hierarchical Approaches.** I. Hafner, FBS 39
 ISBN ebook 978-3-903347-39-7, DOI 10.11128/fbs.39, ARGESIM Publ. Vienna, 2022; ISBN print 978-3-903311-07-7, TUVerlag Wien, 2022
- Die Bedeutung der Risikoanalyse für den Rechtsschutz bei automatisierten Verwaltungsstrafverfahren.** T. Preiß, FBS 38
 ISBN ebook 978-3-903347-38-0, DOI 10.11128/fbs.38, ARGESIM Publ. Vienna, 2020; ISBN print 978-3-903311-14-5, TUVerlag Wien, 2020
- Methods for Hybrid Modeling and Simulation-Based Optimization in Energy-Aware Production Planning.** B. Heinzl, FBS 37
 ISBN ebook 978-3-903347-37-3, DOI 10.11128/fbs.37, ARGESIM Publ. Vienna, 2020; ISBN print 978-3-903311-11-4, TUVerlag Wien, 2020
- Konforme Abbildungen zur Simulation von Modellen mit verteilten Parametern.** Martin Holzinger, FBS 36
 ISBN ebook 978-3-903347-36-6, DOI 10.11128/fbs.36, ARGESIM Publ. Vienna, 2020; ISBN print 978-3-903311-10-7, TUVerlag Wien, 2020
- Fractional Diffusion by Random Walks on Hierarchical and Fractal Topological Structures.** G. Schneckenreither, FBS 35
 ISBN ebook 978-3-903347-35-9, DOI 10.11128/fbs.35, ARGESIM Publ. Vienna, 2020
- A Framework Including Artificial Neural Networks in Modelling Hybrid Dynamical Systems.** Stefanie Winkler, FBS 34
 ISBN ebook 978-3-903347-34-2, DOI 10.11128/fbs.34, ARGESIM Publ. Vienna, 2020; ISBN print 978-3-903311-09-1, TUVerlag Wien, 2020
- Modelling Synthesis of Lattice Gas Cellular Automata and Random Walk and Application to Gluing of Bulk Material.** C. Rößler, FBS 33
 ISBN ebook 978-3-903347-33-5, DOI 10.11128/fbs.33, ARGESIM Publ. Vienna, 2020; ISBN print 978-3-903311-08-4, TUVerlag Wien, 2020
- Combined Models of Pulse Wave and ECG Analysis for Risk Prediction in End-stage Renal Disease Patients.** S. Hagmair, FBS 32
 ISBN ebook 978-3-903347-32-8, DOI 10.11128/fbs.32, ARGESIM Publ. Vienna, 2020
- Mathematical Models for Pulse Wave Analysis Considering Ventriculo-arterial Coupling in Systolic Heart Failure.** S. Parragh, FBS 31
 ISBN ebook 978-3-903347-31-1, DOI 10.11128/fbs.31, ARGESIM Publ. Vienna, 2020
- Variantenmanagement in der Modellbildung und Simulation unter Verwendung des SES/MB Frameworks.** A. Schmidt, FBS 30;
 ISBN ebook 978-3-903347-30-4, DOI 10.11128/fbs.30, ARGESIM Verlag, Wien 2019; ISBN print 978-3-903311-03-9, TUVerlag Wien, 2019
- Classification of Microscopic Models with Respect to Aggregated System Behaviour.** Martin Bicher, FBS 29;
 ISBN ebook 978-3-903347-29-8, DOI 10.11128/fbs.29, ARGESIM Publ. Vienna, 2017; ISBN print 978-3-903311-00-8, TUVerlag Wien, 2019
- Model Based Methods for Early Diagnosis of Cardiovascular Diseases.** Martin Bachler, FBS 28;
 ISBN ebook 978-3-903347-28-1, DOI 10.11128/fbs.28, ARGESIM Publ. Vienna, 2017; ISBN print 978-3-903024-99-1, TUVerlag Wien, 2019
- A Mathematical Characterisation of State Events in Hybrid Modelling.** Andreas Körner, FBS 27;
 ISBN ebook 978-3-903347-27-4, DOI 10.11128/fbs.27, ARGESIM Publ. Vienna, 2016
- Comparative Modelling and Simulation: A Concept for Modular Modelling and Hybrid Simulation of Complex Systems.** FBS 26,
 N. Popper, FBS 26; ISBN ebook 978-3-903347-26-7, DOI 10.11128/fbs.26, ARGESIM Publ. Vienna, 2016
- Rapid Control Prototyping komplexer und flexibler Robotersteuerungen auf Basis des SBE-Ansatzes.** Gunnar Maletzki, FBS 25;
 ISBN ebook 978-3-903347-25-0, DOI 10.11128/fbs.25, ARGESIM Publ. Vienna, 2019; ISBN Print 978-3-903311-02-2, TUVerlag Wien, 2019
- A Comparative Analysis of System Dynamics and Agent-Based Modelling for Health Care Reimbursement Systems.** P. Einzinger,
 FBS 24; ISBN ebook 978-3-903347-24-3, DOI 10.11128/fbs.24, ARGESIM Publ. Vienna, 2016
- Agentenbasierte Simulation von Personenströmen mit unterschiedlichen Charakteristiken.** Martin Bruckner, FBS 23;
 ISBN ebook Online 978-3-903347-23-6, DOI 10.11128/fbs.23, ARGESIM Verlag Wien, 2016
- Deployment of Mathematical Simulation Models for Space Management.** Stefan Emrich, FBS 22;
 ISBN ebook 978-3-903347-22-9, DOI 10.11128/fbs.22, ARGESIM Publisher Vienna, 2016
- Lattice Boltzmann Modeling and Simulation of Incompressible Flows in Distensible Tubes for Applications in Hemodynamics.**
 X. Descovich, FBS 21; ISBN ebook 978-3-903347-21-2, DOI 10.11128/fbs.21, ARGESIM, 2016; ISBN Print 978-3-903024-98-4, TUVerlag 2019
- Mathematical Modeling for New Insights into Epidemics by Herd Immunity and Serotype Shift.** Florian Miksch, FBS 20;
 ISBN ebook 978-3-903347-20-5, DOI 10.11128/fbs.20, ARGESIM Publ. Vienna, 2016; ISBN Print 978-3-903024-21-2, TUVerlag Wien, 2016
- Integration of Agent Based Modelling in DEVS for Utilisation Analysis: The MoreSpace Project at TU Vienna.** S. Tauböck, FBS 19
 ISBN ebook 978-3-903347-19-9, DOI 10.11128/fbs.19, ARGESIM Publ., 2016; ISBN Print 978-3-903024-85-4, TUVerlag Wien, 2019

ASIM WORKSHOP 2023
STS/GMMS/ EDU
Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge

ASIM Fachgruppenworkshop 2023
STS Simulation Technischer Systeme
GMMS Grundlagen und Methoden
in Modellbildung und Simulation
EDU Simulation und Edukation
6.3. - 7.3. 2023, Universität Magdeburg

Herausgegeben von
Claudia Krull; Walter Commerell, Umut Durak,
Andreas Körner, Thorsten Pawletta

ISBN ebook 978-3-903347-62-5
ASIM Mitteilung 186
ARGESIM Verlag, Wien, 2023

DOI 10.11128/arep.22
ARGESIM Report 22
www.argesim.org

Bibliographic Data:

Publisher: ARGESIM Publisher, Vienna

Title: Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

Subtitle: ASIM Fachgruppenworkshop 2023 - STS Simulation Technischer Systeme, GMMS Grundlagen und Methoden in Modellbildung und Simulation, EDU Simulation und Edukation - 6.3.-7.3. 2023, Universität Magdeburg

Author(s):

Editor(s): Claudia Krull; Walter Commerell, Umut Durak, Andreas Körner, Thorsten Pawletta

Series: ARGESIM Reports

Series Editors: Felix Breitenecker, Thorsten Pawletta, ASIM

Volume: ARGESIM Report no. 22

ISBN ebook: 978-3-903347-62-5 ARGESIM Verlag

DOI: 10.11128/arep.22

Publication Date: March 15, 2023

Number of Pages: 36 +iv pages

Cover: Digital Marbling Graphics by Graham Horton ©

Copyright © 2023 ASIM & ARGESIM Publisher

Copyright Information / Regulations ARGESIM

ARGESIM is a non-profit scientific society generally aiming for dissemination of information on system simulation - from research via development to applications of system simulation. ARGESIM's primary publication is the journal SNE – Simulation Notes Europe with open access to all contributions; generally, the authors retain the copyright of their SNE contributions. This copyright regulation holds also for *ARGESIM Reports* and *ARGESIM Advances in Simulation* publishing conference volumes for ASIM, MATHMOD, and EUROSIM (in consideration of copyright regulations for related conference publications) and monographs on system simulation (mainly PhD theses).

About ARGESIM

ARGESIM is a non-profit society generally aiming for dissemination of information on system simulation from research via development to applications of system simulation. ARGESIM is closely co-operating with EUROSIM, the Federation of European Simulation Societies, and with ASIM, the German Simulation Society. ARGESIM is an 'outsourced' activity from the Mathematical Modelling and Simulation Group of TU Wien, there is also close co-operation with TU Wien (organisationally and personally).

ARGESIM Publisher organizes publishing activities, with ISBN roots 978-3-901608-xx-y and 978-3-903347-xx-y, and DOI root 10.11128/xx...x.

ARGESIM's activities are:

- Publication of the scientific journal SNE - Simulation Notes Europe (Membership Journal of EUROSIM, the Federation of European Simulation Societies) → www.sne-journal.org
- Organisation and Publication of the ARGESIM Benchmarks for Modelling Approaches and Simulation Implementations → www.argesim.org/benchmarks/
- Publication of the series ARGESIM Reports (for monographs in system simulation, and proceedings of simulation conferences and workshops) → www.argesim.org/publications/
- Publication of the special series FBS Simulation - Advances in Simulation / Fortschrittsberichte Simulation (monographs in co-operation with ASIM, the German Simulation Society)
- Organisation of the Conference Series MATHMOD Vienna (triennial, in co-operation with EUROSIM, ASIM, and TU Wien) → www.mathmod.at
- Administration and support of ASIM (German Simulation Society → www.asim-gi.org) and of EUROSIM (Federation of European Simulation Societies → www.eurosim.info)

ARGESIM – Arbeitsgemeinschaft Simulation News – Working Committee Simulation News – SNE Publication

Mommsengasse 19/8, 1040 Vienna, Austria; Tel +43-1-58801-10111, -10115; Fax +43-1-58801-910111

Email: office@argesim.org, office@sne-journal.org; WWW: www.argesim.org, www.sne-journal.org

Incorporated Austrian Society ZVR No 213056164 – EU VAT ID No ATU 72054279

Bank Account: ARGESIM, IBAN AT07 2011 1828 9115 0800, BIC GIBAATWWXXX, ERSTE BANK VIENNA

Vorwort

Simulationstechnologie ist in vielen Bereichen und insbesondere im Entwicklungsprozess technischer Systeme fest verankert. Der jährliche Workshop der **ASIM/GI**-Fachgruppen **STS** (Simulation Technischer Systeme), **GMMS** (Grundlagen und Methoden in Modellbildung und Simulation) und **EDU** (Simulation und Edukation) bietet eine breite Plattform, um sowohl den aktuellen technologischen Stand als auch zukünftige Chancen in Theorie, Praxis und Ausbildung zu beleuchten.

Der **ASIM Workshop STS/GMMS/EDU** fand 2023 wieder als Präsenzveranstaltung statt, an der Fakultät für Informatik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, und bot eine offene Atmosphäre für lebendige Diskussionen und den Informations- und Erfahrungsaustausch zwischen Fachleuten aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und der Industrie.

Dank vieler engagierter Autorinnen und Autoren wurden hochqualitative Beiträge mit aktuellen Forschungsergebnissen eingereicht. Neben den traditionellen Inhalten des Workshops waren wieder aktuelle Themen wie „Maschinelles Lernen“ vertreten, aber auch aktuelle Anwendungen wie autonomes Fahren oder Umgang mit dem Klimawandel. Zwei interessante Keynote Vorträge bildeten den Rahmen des Programms. Sie beleuchteten die Themen „Saisonaler Energiespeicher auf Basis von Kalk“ und „Digital Marbling“, und führten zu angeregten Diskussionen im Nachgang.

Die zwei Tagungsbände enthalten die Beiträge des Workshops, die unter anderem folgende Themenschwerpunkte behandeln:

- Modellbasierte Mechatronikentwicklung
- Simulation in der Elektronikentwicklung
- Mathematische Verfahren in Modellbildung und Simulation
- Grundlagen und Methoden in Modellbildung und Simulation
- Simulation Cyber-Physischer Systeme
- Simulation Technischer Systeme
- Angewandte Simulationen
- Simulation und Digitalisierung in Aus- und Weiterbildung

Dieser Tagungsband, **Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU**, ISBN ebook 978-3-903347-62-5, DOI 10.11128/arep.22, ARGESIM Report 22, ASIM Mitteilung 186, publiziert die Kurzbeiträge und die Abstract-Beiträge, die für das Workshop angenommen wurden.

Die Langbeiträge sind zu finden in **Proceedings Langbeiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU**, ISBN ebook 978-3-903347-61-8, DOI 10.11128/arep.21, ARGESIM Report 21, ASIM Mitteilung 185. Für Form und Inhalt der in den Tagungsbänden enthaltenen Beiträge sind die Autoren selbst verantwortlich.

Entsprechend ASIMs Publikationsstrategie sind Tagungsband und Einzelbeiträge als Open Access in Basisversion auf www.asim-gi.org verfügbar. ASIM-Mitgliedern stehen die Vollversionen sowie die Sammlung der Vortragsfolien mit individuellem Login zur Verfügung (für Workshopteilnehmer auf der Tagungswebsite www.asim-gi.org/magdeburg2023/programm bis Ende 2023 mit Gruppenlogin).

Für die Unterstützung und Mithilfe bei der Organisation des diesjährigen Workshops möchte ich mich sehr herzlich bei Frau Madeleine Breitkreuz, Herrn Pascal Krenckel, Herrn Umut Durak und Herrn Thorsten Pawletta, sowie bei allen weiteren Beteiligten vor Ort am Institut für Simulation und Graphik bedanken. Außerdem gilt mein Dank den Reviewern für die tatkräftige Unterstützung bei der Auswahl und Verbesserung der Einreichungen.

Claudia Krull

Magdeburg, im März 2023

INHALTSVERZEICHNIS – LIST OF CONTENT

Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

HAUPTVORTRÄGE - INVITED LECTURES (ABSTRACTS)	1
Saisonalenergiespeicher auf Basis von Kalk – Experimentelle Entwicklung und Systemsimulation. <i>Marc Linder, Michael Böhm</i>	3
Digital Marbling: Simulation of a Traditional Bookbinder's Craft. <i>Graham Horton</i>	5
KURZBEITRÄGE - SHORT CONTRIBUTIONS	7
Konzept zur simulationsbasierten dynamischen Layoutplanung für eine Matrixproduktion. <i>Tolga Turmaz, Nils Kalbe, Felix Borgmann</i>	9
Simulation und Maschinelles Lernen in Supply Chains. <i>Marc Münnich, Florian Zumpe, Pierre Grzona</i>	15
ABSTRACT-BEITRÄGE - ABSTRACT-CONTRIBUTIONS	19
Digitalisierung in der Lehre durch Interaktive Notizbücher und automatisch bewertete Aufgaben. <i>Andreas Apostolatos, Sebastian Groß</i>	21
RobSimulation: Virtuelle Messzelle zur Planung, zum Testen und zur Optimierung von Prüfanlagen und –abläufen. <i>F. Widdascheck, J. Riemenschneider, L. Schneebeli, D. Garth, C. Assmann, N. Lohse, G. Battenberg</i>	23
Virtuelle Stochastische Sensoren – Verhaltensrekonstruktion mit verallgemeinerten Modellen. <i>Claudia Krull</i>	25
From Classic Simulation Circle to Data-Integrated Integrated Simulation <i>N. Popper, F. Breitenecker, M. Bicher, B. Glock, I. Hafner, M. Mujica Mota, G. Mušic, T. Pawletta, C. Rippinger, M. Rössler, G. Schneckenreither, C. Urach, M. Wastian, G. Zauner, M. Zechmeister</i>	27
Monte Carlo Simulation zur Untersuchung von Gruppenentscheidungen und deren Konsensbildung. <i>Jana Görs, Graham Horton</i>	29
The principle of Solving a Mixed Boundary Value Problem with the help of Hierarchical Matrices. <i>Christina Schwarz</i>	31
LISTE LANGBEITRÄGE - LIST OF LONG CONTRIBUTIONS	33
AUTORENINDEX - AUTHOR INDEX	35

Langbeiträge (L) sind zu finden im

ARGESIM Report 21 Proceedings Langbeiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-61-8, DOI 10.11128/arep.21, ARGESIM Report 21, ASIM Mitteilung 185

Kurzbeiträge (K) und Abstract-Beiträge (A) sind zu finden im

ARGESIM Report 22 Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-62-5, DOI 10.11128/arep.22, ARGESIM Report 22, ASIM Mitteilung 186

Abstracts der Hauptvorträge sind im **ARGESIM Report 21** und im **ARGESIM Report 22** zu finden.

Hauptvorträge – Invited Lectures

Saisonaler Energiespeicher auf Basis von Kalk – Experimentelle Entwicklung und Systemsimulation (Abstract)

*Marc Linder, DLR Institut für Technische Thermodynamik, Stuttgart;
Michael Böhm, Institut für Systemdynamik, Universität Stuttgart*

Digital Marbling: Simulation of a Traditional Bookbinder's Craft (Abstract)

*Graham Horton, Institut für Simulation und Grafik,
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*

Langbeiträge (L) sind zu finden im

ARGESIM Report 21 Proceedings Langbeiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-61-8, DOI 10.11128/arep.21, ARGESIM Report 21, ASIM Mitteilung 185

Kurzbeiträge (K) und Abstract-Beiträge (A) sind zu finden im

ARGESIM Report 22 Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-62-5, DOI 10.11128/arep.22, ARGESIM Report 22, ASIM Mitteilung 186

Abstracts der Hauptvorträge sind im **ARGESIM Report 21** und im **ARGESIM Report 22** zu finden.

Saisonaler Energiespeicher auf Basis von Kalk – experimentelle Entwicklung und Systemsimulation

PD Dr.-Ing. Marc Linder ¹, Dr.-Ing. Michael Böhm ²

¹ Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR e.V.)

²Institut für Systemdynamik, Universität Stuttgart

Hintergrund

Das Heizen unserer Innenräume ist für ein Viertel des Endenergiebedarfs in Deutschland verantwortlich. Gleichzeitig beträgt der Anteil an Erneuerbaren Energien zur Deckung dieses Bedarfs derzeit ca. 15 % und liegt damit nur minimal über dem Wert von vor 10 Jahren (ca. 13 %). Die ganzjährige Versorgung mit erneuerbarer thermischer Energie stellt daher eine zentrale Herausforderung eines vollständig de-karbonisierten Energiesystems dar.

Die wesentlichen Gründe hierfür sind die saisonalen Zyklen, die akkumulierte Energiemenge sowie die sehr eingeschränkte Möglichkeit eines Transports der thermischen Energie. Dem gegenüber stehen Erfolge und ambitionierte Ausbauziele unterschiedlicher Technologie zur Gewinnung erneuerbarer elektrischer Energie die sich grundsätzlich über sehr lange Distanzen ergänzen und ausgleichen können

1 Technologieentwicklung

Am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt wurde in den letzten Jahren ein Energiespeicher entwickelt der diese Problemstellung adressiert und große Mengen an Energie verlustfrei in günstigen Behältern dezentral speichern kann. Die Grundlage hierfür bildet die bekannte reversible Reaktion von gebranntem Kalk und Wasser, sodass die Speichermaterialien denkbar günstig sind und v.a. ressourcenschonend bereitgestellt und später auch entsorgt werden können. Das Speichermaterial wird unter Aufnahme von elektrischer Energie beladen. Dabei wird Wasserdampf freigesetzt und das zurückbleibende Pulver in Behältern bei Raumtemperatur zwischengelagert.

Die bedarfsorientierte Entladung findet durch die Rückreaktion mit flüssigem Wasser statt, wobei den Behältern nur so viel Material entnommen wird wie zur Deckung des aktuellen Bedarfs notwendig ist. Die erreichbaren Temperaturen betragen dabei ca. 90°C und sind somit auch für die Heizungssysteme in Bestandsgebäuden ausreichend hoch.

2 Systemsimulation und Integration

Aktuelles Ziel ist die Entwicklung eines Prototyps der erstmals außerhalb des Labors am Demonstrator-Hochhaus des SFB 1244 an der Universität Stuttgart installiert und anschließend unter realen Umgebungsbedingungen getestet wird. Ergänzend dazu werden zusammen an der Universität Stuttgart prädiktive Betriebs- und Regelungsansätze entwickelt, sodass diese Speichertechnologie optimal als Bindeglied zwischen dezentralem thermischem Bedarf, dezentraler erneuerbarer Stromerzeugung und dem Stromnetz agieren kann.

Der Speicher wird zu diesem Zweck zunächst rein bilanziell betrachtet, um in Kombination mit weiteren Komponenten als Teil eines thermischen Gebäudenetzwerks eingesetzt zu werden. Auf Basis dieses Netzwerkmodells wird zunächst eine prädiktive saisonale Betriebsplanung gemacht, um festzulegen, welche Komponente zu welchem Zeitpunkt die nötige Heizleistung bereitstellen soll. Damit der numerische Aufwand bei diesem langen Horizont vertretbar bleibt, wird eine hohe Abtastzeit von 1 Tag gewählt. Die so erhaltenen Werte dienen als Referenz für eine unterlagerte Optimierung mit kürzerem Horizont – typischerweise einige Tage – und kürzerer Abtastzeit von 1h. Diese Planung berücksichtigt dann die kurzfristigen

Einflüsse wie Wetter und konkrete Nutzeranforderungen.

Damit der Speicher die durch diese Planung vorgegebenen Heizleistungen robust und zuverlässig bereitstellen kann, wird am Institut für Systemdynamik ein detailliertes dynamisches Modell des Speichers entwickelt und dessen Parameter identifiziert. Im Vortrag wird ausführlich auf die einzelnen Aspekte dieses Modells eingegangen. Das Modell dient später als Basis für den Entwurf einer Regelung, die zunächst in der Simulation und später am erwähnten Prototyp auch zusammen mit der optimierungsbasierten Betriebsplanung getestet wird.

Digital Marbling – Simulation of a Traditional Bookbinder's Craft

Graham Horton

Computer Science Department, University of Magdeburg, 39016 Magdeburg, Germany. graham.horton@ovgu.de

Up until the era of mass production, books were bound manually, often using elaborately decorated paper for the endpapers and covers. In the technique known as marbling, pigments were distributed on the surface of a water bath, and a pattern was induced in them with a needle or a comb. This pattern was then "printed" by carefully laying a sheet of paper onto the surface of the liquid.



Figure 1: Making spirals in the floating pigments using a needle. (Photo: Barbara Kelnhofer)

Using a very simple mathematical model, many traditional marbling patterns can be recreated by simulating the effect of dragging a needle or comb through the water bath. The resulting images can be quite beautiful, especially when printed at high resolution on an A2-sized sheet of paper.

The focus of the presentation will be to show various patterns generated by the simulator. These will include comparisons with the endpapers of various 19th and 20th century books that show how accurate even the simple mathematical model can be. Finally, original, digitally marbled patterns will be presented which - although physically feasible - have yet to be created by traditional craftspeople.

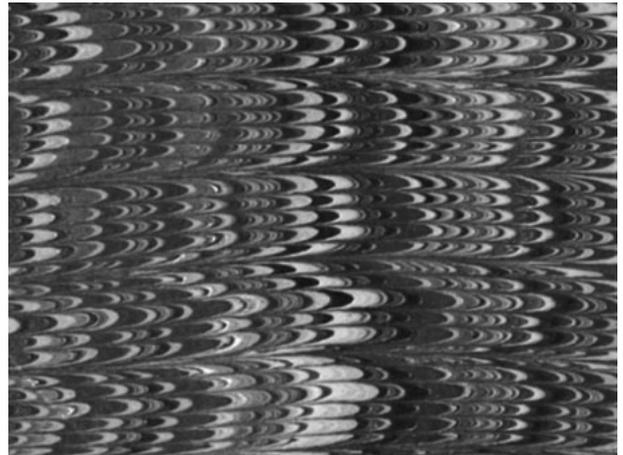


Figure 2: Detail from the endpaper of a 19th-century book. (Photo: Folger Shakespeare Library, used under a CC BY-SA 4.0 license)

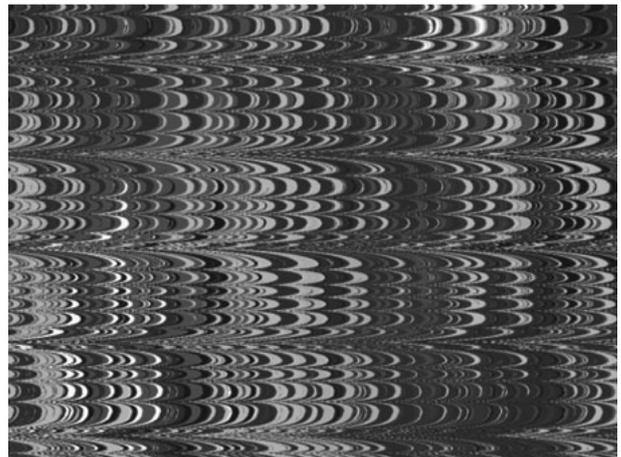


Figure 3: Simulation of the marbled pattern

KURZBEITRÄGE – SHORT CONTRIBUTIONS

Konzept zur simulationsbasierten dynamischen Layoutplanung für eine Matrixproduktion (K)

Tolga Turmaz, Nils Kalbe, Felix Borgmann

Simulation und Maschinelles Lernen in Supply Chains (K)

Marc Münnich, Florian Zumpe, Pierre Grzona

Langbeiträge (L) sind zu finden im

ARGESIM Report 21 Proceedings Langbeiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-61-8, DOI 10.11128/arep.21, ARGESIM Report 21, ASIM Mitteilung 185

Kurzbeiträge (K) und Abstract-Beiträge (A) sind zu finden im

ARGESIM Report 22 Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-62-5, DOI 10.11128/arep.22, ARGESIM Report 22, ASIM Mitteilung 186

Abstracts der Hauptvorträge sind im **ARGESIM Report 21** und im **ARGESIM Report 22** zu finden.

Konzept zur simulationsbasierten dynamischen Layoutplanung für eine Matrixproduktion

Tolga Turmaz^{1*}, Nils Kalbe¹, Felix Borgmann¹

¹Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4
44227 Dortmund, Deutschland; *tolga.turmaz@iml.fraunhofer.de

Abstract. In Wissenschaft und Industrie wird derzeit die Matrixproduktion als wandlungsfähiges Konzept diskutiert. Die in Folge der freien Verkettung zunehmende Anzahl der Freiheitsgrade des Materialflusses (zwischen den Arbeitsstationen) führt dazu, dass ein Layout nicht auf Basis a-priori bekannter Materialflussbeziehungen zwischen den Arbeitsstationen geplant werden kann. Mit der in diesem Beitrag vorgestellten Methode lassen sich Materialflussbeziehungen simulationsbasiert ermitteln und zur automatisierten Erzeugung und Anpassung von Layouts verwenden. Dazu ist ein ereignisdiskretes Simulationsmodell über eine Schnittstelle mit externer Layoutplanungsalgorithmik verknüpft.

Einleitung

Unternehmen sehen sich heute mit neuen Anforderungen konfrontiert, wie z.B. einer zunehmenden Produktvielfalt oder einer schwankenden Nachfrage, die von verschiedenen Akteuren wie Kunden, der Öffentlichkeit, Wettbewerbern oder der Politik ausgelöst werden [1] [2]. Diese Anforderungen führen zur Einführung neuer Produkte mit kurzen Lebenszyklen und einem hohen Maß an Individualisierung. Dabei mangelt es vielen Unternehmen an Fertigungssystemen, die nicht nur qualitativ hochwertige Produkte zu niedrigen Kosten herstellen können, sondern auch im Stande sind auf Marktveränderungen und Kundenwünsche reagieren zu können. [3]

Untersuchungen zeigen, dass bis zu 36% der Logistikkosten durch ein nicht materialflussgerechtes Layout verursacht werden [4]. In konventionellen Produktionssystemen wird das Layout nach der ursprünglichen Planung, die typischerweise auf einer statischen Transportintensitätsmatrix für einen bestimmten Zeitpunkt basiert, nur selten geändert. Damit eine immer häufiger und immer stärker schwankende Marktnachfrage effizient bewältigt werden kann, muss das Produktionssystem in der Lage sein, sich durch eine Rekonfiguration der

Ressourcenanordnung an veränderte Marktbedingungen anpassen zu können. [2] [5] [6]

Das Konzept der Matrixproduktion ist mit der Idee rekonfigurierbarer Layouts vereinbar. Es bietet das Potenzial, sowohl das Dilemma zwischen Produktivität und Flexibilität zu lösen als auch die Reaktionsfähigkeit des Produktionssystems zu gewährleisten. [2] [7]. Eine Herausforderung bei der Layoutplanung wandlungsfähiger Produktionssysteme ist die Prognostizierbarkeit von Transportintensitäten, um eine materialflussgerechte Anordnung der Arbeitsstationen zu gewährleisten. Die vorliegende Ausarbeitung adressiert diese Problematik in Bezug auf die Neu- und Anpassungsplanung eines Produktionssystems.

1 Grundlagen

1.1 Matrixproduktion

In der Praxis sind häufig etablierte Formen wie die Fließ-, Reihen-, Gruppen- und Werkstattfertigung vorzufinden. Als eine neuartige Organisationsform adressiert die Matrixproduktion insbesondere die Wandlungsfähigkeit [1] [9] [10]. Eine Matrixproduktion besteht aus mehreren, teilweise redundanten konfigurierbaren Arbeitsstationen mit multiplen Prozessfähigkeiten, d. h. an jeder Arbeitsstation lassen sich mindestens zwei verschiedene Arbeitspakete verrichten. Diese Form der Produktion wird in der Literatur auch unter den Begriffen „frei verkettetes Produktions-/ Montagesystem“, „linienlose Montage“, „fluides Montagesystem“ oder „modulare Produktion“ bezeichnet. Sie stellt eine Alternative zur klassischen Linienfertigung dar [11]. Die Arbeitsstationen sind beispielsweise durch ein flexibles Transportsystem miteinander verbunden. Das Potenzial der Matrixproduktion wird durch signifikante Steigerungen der Anlagenauslastung insbesondere bei hoher Variantenvielfalt aufgezeigt. [2] [10] [12] [13]

1.2 Layoutplanung der Matrixproduktion

Die Fabrikplanung, die unter anderem die Layoutplanung als Unteraufgabe umfasst, unterscheidet zwischen einer Neu- und Anpassungsplanung [1] [14]. Die Layoutplanung orientiert sich in beiden Fällen häufig an der Transportintensität. Diese setzt sich aus der Transportmenge und dem Transportweg zusammen. Wenn keine Informationen über die Transportwege vorliegen, kann die Transportintensität auch nur aus den Transportmengen berechnet werden. Die Transportintensitäten können in Form einer Matrix dargestellt werden (vgl. Abbildung 1). In dieser Matrix werden die Transporthäufigkeiten (Anlieferungen sowie Abtransporte) zwischen den Arbeitsstationen eingetragen. Auf diese Weise können Arbeitsstationen mit starken Materialflussbeziehungen identifiziert werden. [10]

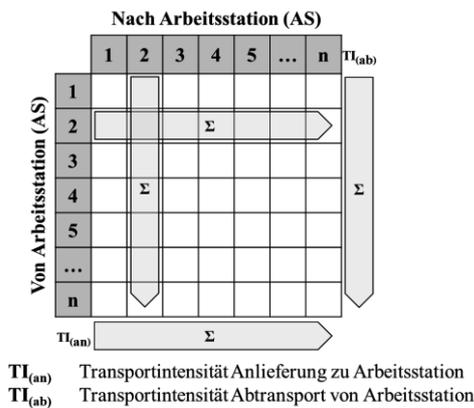


Abbildung 1: Aufbau einer Transportintensitätsmatrix [10].

Die Layoutplanung einer Matrixproduktion kann auch mithilfe der Transportintensitäten erfolgen. Der dynamische Charakter der Produktionssteuerung in einer Matrixproduktion erschwert die Prognostizierbarkeit des Materialflusses sowie die materialflussgerechte Layoutplanung. Bei der Festlegung der Transportintensitäten können vier Strategien unterschieden werden: [10]

- Das Zuteilen der ermittelbaren Transportintensität zwischen den Arbeitsstationen (z.B. mit Stücklisten)
- Die Ermittlung der Ausführungshäufigkeit der Arbeitspakete je Arbeitsstation
- Die Ermittlung der Transportintensität mit Bezug auf die Redundanz des Arbeitspakets
- Gleiche Intensität für alle Transportwege

Nach Ermittlung der Transportintensitäten werden verschiedene Planungsmethoden bzw. Algorithmen, wie z.B. das modifizierte Dreiecksverfahren nach Schmi-galla, angewendet, um die Arbeitsstationen entsprechend

der Transportintensitäten anzuordnen. [10]

1.3 Simulation im Kontext der Matrixproduktion

Die Durchführung der Fabrikplanungsaufgaben kann durch Verwendung verschiedener, i.d.R. rechnergestützter Planungswerkzeuge unterstützt werden. Die Nutzung von Simulationen ist ein Beispiel dafür und kann der Phase der Grobplanung zugeordnet werden. [15]

Im Kontext der Matrixproduktion müssen für eine erfolgreiche Auslegung des Konzepts in einer Simulationssoftware folgende Aspekte berücksichtigt werden [8]:

- das Layout des Produktions-/ Montagesystems
- die Quellen und die Senken für die Produkte
- die Arbeitsstationen mit den jeweiligen Arbeitsplätzen
- der Vorranggraph für jede Produktart
- die Bauteile, jeweils mit deren Behälterart, Behälterinhalt, Bedarfsort, der Art der Versorgung, deren Verbaort (Arbeitsplatz) und der Art der Bereitstellung
- die Transporter mit der Anzahl je Art für Produkt- und Materialtransporte

Um diese Anforderungen zu erfüllen, eignet sich eine ereignisdiskrete Simulationssoftware. In dieser Ausarbeitung wurde das Simulationstool Siemens Tecnomatix Plant Simulation® (im Folgenden *Plant Simulation*) betrachtet. In Plant Simulation besteht die Möglichkeit verschiedene Schnittstellen zu benutzen, um mit anderen Programmen zu kommunizieren. Über die COM-Schnittstelle (Component Object Model) wird beispielsweise der Zugriff und die Manipulation von Daten in Plant Simulation ermöglicht. [16]

Alternativ lassen sich weitere ereignisdiskrete Simulationstools wie AnyLogic® mit der CloudAPI oder SIMUL8® verwenden.

2 Konzept zur Layoutplanung in der Matrixproduktion

2.1 Vorstellung des Konzepts

Durch die steigende Anzahl an Freiheitsgraden im Materialfluss, bedingt durch die multiplen Prozessfähigkeiten sowie die Redundanz von Arbeitsstationen, können Transportintensitäten zwischen den Arbeitsstationen nicht ohne weitere Hilfsmittel identifiziert werden.

Hierzu wurde aufbauend auf die Problemstellung ein Konzept zur automatisierten Erzeugung und Bewertung von Layouts für wandlungsfähige Produktionen

entworfen. Materialflussbeziehungen können mit der Simulation a-priori untersucht werden, ohne ein manuelles Verfahren anwenden zu müssen. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse kann die Planung eines Fabriklayouts erfolgen.

Für die Zielerreichung ist es erforderlich, eine Schnittstelle zwischen dem Layoutgenerator und der Simulationssoftware zu schaffen. Die Aufgaben der Schnittstelle können mit diesen Punkten zusammengefasst werden:

1. Layoutinformationen einlesen
2. Das Simulationstool starten und das Modell laden
3. Übergabepunkte je Arbeitsstation sowie Transportwege in das Modell übertragen
4. Simulation starten
5. Simulationsstatus überwachen
6. Ergebnisse aus dem Simulationsdurchlauf zwischenspeichern

Bei Verwendung des Simulationstools Plant Simulation können diese Aufgaben über die COM-Schnittstelle erfüllt werden. Über diese Schnittstelle lässt sich die Software beispielsweise in Python durch verschiedene Methoden wie "LoadModel" oder "StartSimulation" steuern.

In Abbildung 3 ist der Prozessablauf des Konzeptes und das Zusammenspiel der Softwarekomponenten zu erkennen. Als vorbereitende Maßnahme ist die anwendungsfallspezifische Parametrierung des Layoutgenerators und des Simulationsmodells erforderlich. Während der Layoutgenerator Informationen wie die Transportintensitätsmatrix, Anzahl der Arbeitsstationen und Flächenbedarfe benötigt, werden für das Simulationsmodell der Vorranggraph und die Prozesszeiten gebraucht. Im Folgeschritt kann das User Interface gestartet werden. In dieser Benutzeroberfläche kann die Anzahl an Durchläufen sowie die Anzahl der zu bewertenden Layouts pro Durchlauf festgelegt werden. Mit der Festlegung dieser Größen wird die Schnittstelle über Python aktiviert. Die Schnittstelle führt die Layouterstellung/-auswahl automatisiert durch und erzeugt das ausgewählte Layout im Simulationsmodell. Im letzten Schritt wird das Simulationsmodell gestartet und ausgewertet. Sollte das Ergebnis nicht zufriedenstellend sein, kann mithilfe der simulativ generierten Materialflussinformationen ein neues Layout generiert und getestet werden.

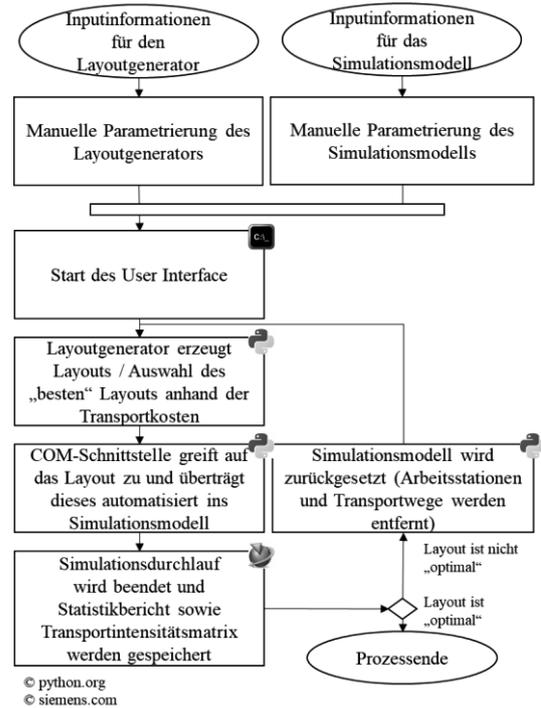


Abbildung 3: Ablaufdiagramm der Layouterzeugung und Simulation

2.2 Use-Case

In diesem Abschnitt wird der Use-Case für den Proof-of-Concept erläutert, der sich an einem Realszenario einer Fahrradmontage orientiert. Zur Montage von drei Produktvarianten P₁, P₂ und P₃ ist entsprechend variantenspezifischer Arbeitspläne die Durchführung der Arbeitspakete A bis L erforderlich. Die Reihenfolgerestriktionen sind durch die Montagevorranggraphen der einzelnen Produktvarianten gegeben. Ein beispielhafter Montagevorranggraph ist in Abbildung 4 dargestellt. Alle Arbeitspakete, die zu einer Variante gehören, müssen unter Berücksichtigung der Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen abgearbeitet werden. Die Bearbeitungszeiten der einzelnen Arbeitspakete sind deterministisch und unterscheiden sich zwischen den Produktvarianten. Mit Hilfe dieser Informationen kann die Matrixproduktion durch die Zuteilung der Arbeitspakete an die Arbeitsstationen ausgelegt werden.

Da für die erstmalige Erstellung eines Layouts eine Transportintensitätsmatrix benötigt wird, aber noch keine Informationen über die Materialflüsse vorliegen, wird in der Ausgangssituation eine gleichgewichtete neutrale Transportintensitätsmatrix verwendet.

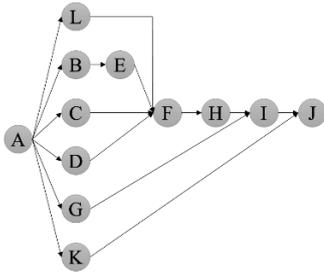


Abbildung 4: Vorranggraph des Use-Case

2.3 Ergebnisse

Das Konzept wurde mit dem vorgestellten Use-Case erfolgreich getestet. Ausgehend von einem initialen Layout konnten mithilfe der Simulation Informationen über die Materialflussbeziehungen generiert werden, die zur Anpassung des Layouts genutzt werden können. Insgesamt wurden fünf Durchläufe durchgeführt. In jedem Durchlauf wird eine Vielzahl von Layouts in Abhängigkeit der eingestellten Parameter generiert und verglichen. Für den Vergleich wird der Transportaufwand ermittelt, der sich aus der Entfernung der Arbeitsstationen und der Gestaltung der Transportwege ergibt.

Ein Vorher-Nachher-Vergleich zeigt, dass sich die erzeugten Layouts vom initialen Layout unterscheiden. Die Veränderung des Layouts schlägt sich in der Flächeneinteilung für die Arbeitsstationen aus und wirkt sich auf den Flächennutzungsgrad oder die Transportintensitäten aus. Die Funktionsweise der Schnittstelle und das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten konnte damit nachgewiesen werden. Durch Modifikation der Schnittstelle lässt sich das Konzept mit anderen Simulationsprogrammen oder Layoutgeneratoren nutzen. Alle Vorgänge laufen nach einer manuellen Initialisierung automatisiert ab.

3 Fazit und Ausblick

Das Ziel dieses Beitrags war die Entwicklung eines Ansatzes zur simulationsgestützten dynamischen Layoutplanung im Kontext einer Matrixproduktion. Der beschriebene Ansatz wurde erfolgreich auf Funktionalität getestet. Ausgehend von einer gleichgewichteten neutralen Transportintensitätsmatrix wird ein Layout mithilfe einer Layoutplanungsalgorithmik ermittelt. Das ermittelte Layout wird in die Simulationssoftware Plant Simulation übertragen und getestet. Die dabei aus der Simulation resultierenden Materialflüsse werden genutzt, um das Layout iterativ zu optimieren. Dieser Vorgang kann

mehrmals durchgeführt werden, um mehrere Layouts zu generieren und anschließend zu vergleichen.

Die nächsten Schritte bestehen in der Weiterentwicklung der Kriterien zur quantitativen Bewertung von Layoutalternativen (wie die Veränderung der Transportintensität oder des Flächennutzungsgrades) sowie insbesondere in der Definition eines Abbruchkriteriums für die Iterationsschleife. Von Interesse ist zudem ein Vergleich der manuellen Layouterstellung einer Matrixproduktion nach Greschke mit dem in diesem Beitrag vorgestellten Ansatz [10]. Auf diese Weise könnte beurteilt werden, ob die simulationsbasierte Layoutplanung gegenüber der manuellen Planung bessere Ergebnisse liefert und den Mehraufwand für den Aufbau eines Simulationsmodells in der betrieblichen Praxis rechtfertigt.

Literaturverzeichnis

- [1] Burggräf P, Schuh G. *Fabrikplanung*, Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2021
- [2] Göppert A, Hüttemann G, Jung S, et al. *Frei verkettete Montagesysteme*. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 113; 2018; 3. S. 151–155.
- [3] Maganha I, Silva C, Ferreira L. M. D. F. *The layout design in reconfigurable manufacturing systems: a literature review*. In: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 105; 2019; 1-4. S. 683–700.
- [4] Balakrishman J, Cheng C.H. *Multiperiod planning and uncertainty issues in cellular manufacturing: a review and future directions*. In: European Journal of Operational Research, 177. 2007; S. 281-309
- [5] Bracht U, Schlegel M, Özkul F. *Fabrikplanung 5.0*. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 114; 2019; 4; S. 208-212
- [6] Koren Y, Gu X, Guo W. *Reconfigurable manufacturing systems: Principles, design, and future trends*. In: Frontiers of Mechanical Engineering, 13; 2018; 2. S. 121–136.
- [7] Wiendahl H.-P, Reichardt J, Nyhuis P. *Handbuch Fabrikplanung*, München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. 2014
- [8] Kern W. *Modulare Produktion*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2021
- [9] Echsler Minguillon F. *Prädiktiv-reaktives Scheduling zur Steigerung der Robustheit in der Matrix-Produktion*. Karlsruhe; 2020
- [10] Greschke P. *Matrix-Produktion. Konzept einer taktunabhängigen Fließfertigung*, Norderstedt: Books on Demand.; 2020
- [11] Borgmann F, Kalbe N, Günter, A. *Resiliente und wandlungsfähige Produktion von morgen*. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 117; 2022, S.104-108.
- [12] Feldkamp N, Bergmann S, Strassburger S. *Simulation-*

- Based Deep Reinforcement Learning For Modular Production Systems*. In: K.-H. Bae (Hrsg.): 2020 Winter Simulation Conference (WSC). Piscataway, NJ: IEEE; 2020. S. 1596–1607.
- [13] Kern W, Rusitschka F, Kopytynski W, Keckl, S, Bauernhansl, T. *Alternatives to assembly line production in the automotive industry*. In Proceedings of the 23rd international conference on production research (IFPR). 2015
- [14] Grundig C.-G. *Grundlagen der Fabrikplanung*. In: C.-G. Grundig (Hrsg.): Fabrikplanung. Planungssystematik, Methoden, Anwendungen. 5., aktualisierte Aufl. München: Hanser; 2015. S. 11–36.
- [15] Dombrowski U, Ernst S, Reimer A. *Fabrikplanung*. In: U. Dombrowski S. Marx (Hrsg.): KlimaIng - Planung klimagerechter Fabriken. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018. S. 51–80.
- [16] Bangsow S. *Tecnomatix Plant Simulation*. Springer International Publishing; 2020

Simulation und Maschinelles Lernen in Supply Chains

Marc Münnich^{1*}, Florian Zumpe¹, Pierre Grzona²

¹Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Reichenhainer Straße 88, 09126 Chemnitz, Germany; *marc.muennich@iwu.fraunhofer.de

²Technische Universität Chemnitz, Professur Fabrikplanung und Intralogistik, Erfenschlager Str. 73, 09125 Chemnitz, Germany

Abstract. Der Beitrag diskutiert die möglichen Szenarien zur plattformbasierten Kopplung von Simulation und Maschinellem Lernen. Es stehen bisherige Anwendungen aus der Literatur im Fokus, um Kopplungsszenarien der beiden Methoden zu identifizieren. Weiterführend werden Anwendungsfälle im Supply Chain-Umfeld, die bereits mit diesen Methoden kombiniert wurden, auf ihre Zuordnung zu den 9-R der Logistik sowie den Kopplungsszenarien untersucht. Für bisher nicht adressierte logistische Aktivitäten der 9-R werden Ansätze zur generellen Realisierbarkeit zur Diskussion gestellt.

Einleitung

Ziel des Beitrages ist es, den aktuellen Stand der Forschung von Simulation und Maschinelles Lernen (ML) im Umfeld der Supply Chain darzulegen und daraus die Anforderungen für einen plattformbasierten Simulationservice abzuleiten. In der Entwicklung der Geschäftsmodelle in produzierenden Unternehmen, von der Wertkette nach *Porter* hin zur Plattformökonomie, so wandeln sich hierbei die Paradigmen, wer welche Aktivitäten übernimmt und somit Werte für den Kunden schafft. Dadurch können Produzenten über Plattformen direkt mit ihren Kunden kommunizieren. Etwaige Zwischenebenen entfallen. [1,2] *Porter* definierte 5 Primäraktivitäten mit Beitrag zur Wertschöpfung und unternehmensspezifische Differenzierungsmerkmale. Diese sind Eingangslogistik, Produktion, Ausgangslogistik, Marketing & Vertrieb und Kundenservice. [2] Teilaspekte wie Marketing oder Vertrieb werden durch Plattformen unterstützt.

1 Simulationsgestützte Plattformökonomie

Ein wesentliches Merkmal von Plattform-

Geschäftsmodellen sind sog. Netzwerkeffekte, die die steigende Attraktivität mit steigender Nutzerzahl beschreiben, aber auch hohe Datenverfügbarkeit implizieren, die sich wiederum für datengetriebene Services wie Simulation und ML vorteilhaft auswirken. [1]

Für Unternehmen in der Rolle des Leistungsanbieters ergeben sich Mehrwerte durch die Zugänglichkeit von komplexer und vielfältiger Technologie, Nutzung von (Kommunikations-)Standards und dem effizienten Matching mit potenziellen Kunden oder anderen Leistungsanbietern. [3,4] Erfolgsfaktoren, neben den oben genannten Aspekten für die Nutzenden, sind für die Betreiber das Angebot (digitaler) Mehrwertdienste bzw. komplett neuer Geschäftsmodelle durch Plattformökonomie. [5]

Der Argumentation von *Porter* folgend soll nachfolgend untersucht werden, inwieweit sich die Aktivitäten der Logistik als Basis für einen plattformbasierten Simulationservice eignen. Hierfür wird einführend eine aktualisierte Variante der 6-R der Logistik vorgestellt.

Aufbauend auf *Jünemann* bzw. aus dem englischen Sprachraum werden die „Seven Rights of Logistics“ nach *Plowman* als Basis genommen. [6,7] Dabei wird der Aspekt des richtigen Kunden nach *Plowman* nicht mit betrachtet. Diese Ziele lassen sich auf Basis der logistischen Prozesse noch um die Aspekte Verpackung und Informationen erweitern sowie im Hinblick auf die Nachhaltigkeit um den ökologischen Fußabdruck ergänzen. [8,9]

Zur besseren Übersicht werden diese logistischen Aktivitäten nachfolgend aufgezählt und in mögliche Teilfragen für einen plattformbasierten Simulationsdienst heruntergebrochen. Sie sollen als Diskussionsbasis dienen, um deren Eignung zu prüfen, mittels Simulation und ML bestimmt zu werden. Eine Beschreibung erfolgt jeweils aus Sicht der Anbieter und Nachfrager auf einer Plattform.

Richtige Menge [M] beschreibt das Ziel, die Angebots- und Nachfrageseite miteinander abzugleichen. Aus

Nutzenden-Perspektive ist sicherzustellen, die benötigte Menge verlässlich zu erhalten. Als Leistungsanbieter kann es relevant sein, die Kapazitäten der eigenen Produktion, aber auch möglicher Rohmaterialien und Vorprodukte miteinander abzugleichen. Die Aufgabe der Plattform ist, eine verlässliche Kapazitätsprognose durchzuführen, um ein sinnvolles Matching zu erzielen.

Richtiges Produkt/Objekt [P] beschreibt für Nutzende das Ziel, ein Objekt oder Produkt entsprechend dem eigenen Bedarf zu erhalten. Aus Perspektive der Leistungsanbieter gilt es hierbei den Bedarf ggf. in entsprechende technische Unterlagen zu überführen. Aus Perspektive der Plattform kann es bspw. notwendig sein, zusätzliche Partner mit einzubeziehen, um den Bedarf in entsprechende Produkte zu überführen.

Richtiger Ort [O] bezogen auf den Verwendungsort des Empfängers kann sich hierbei auf die Routensuche bzw. in mehrstufigen Logistiksystemen von Umschlagspunkten und ggf. auf Punkte des Gefahrenüberganges beziehen.

Richtiger Zeitpunkt [Z] beinhaltet vom Verständnis die Zeitspanne von Bedarfsauslösung bis zum Übergang des Produktes zum Nutzenden, sodass dieser abschätzen kann, ob dies seinen Erwartungen entspricht. Hierbei kann eine detaillierte Prognose von Transportzeiten eine Teilfrage für die Plattform sein.

Richtige Qualität [Q] kann hierbei auch erweitert werden um ggf. benötigte Zertifikate oder Prüfprozesse mit den benötigten Ressourcen. Aus Leistungsanbieter und Nutzenden-Perspektive kann die Plattform hier bspw. Informationen zu Zeit und Ort beitragen.

Richtige Kosten [K] beschreibt für den Nutzenden den Aspekt möglichst vollumfänglich und qualitativ hochwertige Preisprognosen über bestenfalls echtzeitfähige Rückmeldungen der Plattform zu erhalten. Für Leistungsanbieter können sich auch Mehrwerte im Bereich von transparenten Auftrags- und Kostenarten spezifischer Preiskalkulationen ergeben.

Richtige Verpackung [V] können einerseits die technischen Anforderungen für den Transport, bspw. Ladungssicherung oder Stapelhöhen für die Lagerung, beinhalten, aber auch die Auswahl des richtigen Ladungsträgers, um die effiziente Durchführung des Transportes zu gewährleisten. Aus Leistungsanbieter und Nutzenden Perspektive ergeben sich beidseitige Effizienzgewinne.

Richtige Informationen [I] bezeichnen die an Produkt/Objekt oder Ladungsträger gebundenen Informationen, die bspw. vom Nutzenden benötigt werden oder bei mehrstufigen Prozessketten für Dokumentationszwecke

mit dem Produkt mitgeführt werden müssen.

Richtiger ökologischen Fußabdruck [Ö] kann ein Indikator sein, der die Nachhaltigkeit des entsprechenden Wertschöpfungsnetzwerkes widerspiegelt, bspw. in Form von CO₂-Äquivalenten für Herstellung, Transport und Entsorgung eines Produktes. Aus Nutzenden-Perspektive ergibt sich hier ggf. die Möglichkeit, die eigene Sourcing-Strategie anzupassen.

Bestimmte Aspekte dieser Aufzählung finden sich bereits in der Literatur adressiert durch Simulations- und ML Anwendungen, die folgend kurz umrissen werden.

2 ML und Simulation

2.1 Einsatz in Produktion und Logistik

ML als Teilbereich der Künstlichen Intelligenz (KI) umfasst verschiedene Methoden und Algorithmen zum eigenständigen Lernen von Zusammenhängen und Mustern aus großen Datenmengen. Die zugrunde liegenden Algorithmen können unterschieden werden in:

- Überwachtes Lernen
- Unüberwachtes Lernen
- Semi-überwachtes Lernen
- Verstärkendes Lernen (Reinforcement Learning (RL)). [10]

Zudem lassen sich die Funktionstypen unterscheiden in Regression, Klassifikation, Gruppierung, Datenreduktion und Anomalieerkennung. [10]

Bereits in den frühen 90er-Jahren wurden Szenarien beschrieben, um ereignisdiskrete Simulation und Methoden der KI miteinander zu koppeln. [11] Zudem wurden bereits mögliche Vorteile für beide Domänen beschrieben. Simulation kann bspw. durch die Kopplung mit Expertensystemen von einer strukturierten Überführung der Fragestellungen in die Simulationsumgebung profitieren. [11] Bereits damals wurden neben Expertensystemen vor allem Neuronale Netze als vielversprechender Ansatz gemeinsam mit Simulation gesehen. [11]

Mit fortschreitendem Entwicklungsstand von Algorithmen wurden vielfältige Applikationen von ML umgesetzt. *Vernickel et al.* demonstrieren die Vorverarbeitung von Eingangsdaten mit ML und die Parametrisierung von Simulationsmodellen exemplarisch anhand einer Maschine in einer Fertigungslinie. [12] Die Generierung von großen Datenmengen mittels Simulation für das Training von ML-Algorithmen wurde durch *Chan et al.* adressiert, wodurch in kurzer Zeit Datensätze in guter Qualität erzeugbar waren. [13] Die vorausschauende Planung von

Instandhaltungsmaßnahmen bildet eine weitere Anwendung von ML und Simulation. *Azab et al.* testen verschiedene Algorithmen für die Identifikation von Zeitfenstern für die Simulation von Produktionsplänen. [14] Verstärkendes Lernen wurde in Produktionsumgebungen bereits frühzeitig von *Creighton und Nahavandi* untersucht, die Produktionskosten unter Einfluss von Maschinenausfällen in einer Produktionslinie optimierten. [15]

2.2 Kopplungsszenarien

In der Literatur konnten verschiedene Szenarien zur Kopplung von ML und Simulation identifiziert werden. Diese wurden in Abbildung 1 formalisiert und sind angelehnt an die Norm VDI3633 – Blatt 12, worin die Interaktion von Simulation mit Optimierungsmethoden und -algorithmen genauer beschrieben wird. Diese kann sequenziell (d.h. die unabhängige und vollständige Ausführung von Optimierung und Simulation) oder hierarchisch (d.h. Simulation und Optimierung sind ineinander integriert) erfolgen. Sequenziell beinhaltet die Fälle, dass zuerst eine Simulation Werte für die Optimierung liefert oder umgekehrt. Hierarchisch beinhaltet ebenfalls zwei Fälle zur Integration der Werkzeuge ineinander, wobei Simulation abhängig von einem Optimierungsergebnis oder eine Zielfunktion zur Optimierung auf Simulationsergebnisse angewiesen ist. Markant hierbei ist die stetige Unterbrechung der jeweiligen Methoden im Vergleich zum sequenziellen Ablauf. [16] Analog dazu werden in Abbildung 1 die möglichen Kopplungsszenarien für Simulation und ML dargestellt. Für die einzelnen Fälle konnten bisher folgende Anwendungen beispielhaft identifiziert werden:

- Fall 1: Parameteridentifikation für Simulationen
- Fall 2: Trainings- und Testdaten simulativ erzeugen
- Fall 3: Wiederkehrende Parametrisierung von Anlagen
- Fall 4: Kostenfunktion für ML simulativ bestimmen.

Bei diesen Anwendungen ist ersichtlich, dass nicht

immer eine konkrete Anwendung auf die 9-R im Vordergrund steht, die nachfolgend genauer untersucht wird.

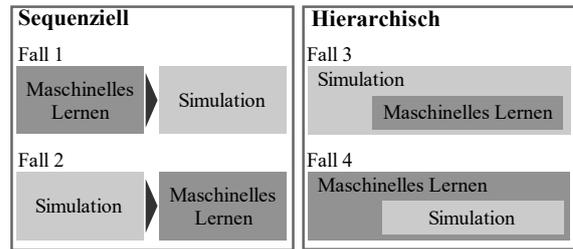


Abbildung 1: Kopplungsszenarien Simulation und ML

2.3 Mapping der 9-R zu Kopplungsfällen

Tabelle 1 und Tabelle 2 sollen dazu dienen, festzustellen, welche der 9-R potenziell würdig sind, in einem der Kopplungsfälle von Simulation und ML betrachtet zu werden. In Tabelle 2 werden Literaturquellen im Suchraum „Simulation, ML und Supply Chain“ den Kopplungsfällen sowie 9-R zugeordnet. Tabelle 1 greift diese Fälle nochmals in einer Zuordnung auf und wird durch eine Einschätzung der Autoren erweitert, ob bisher nicht identifizierte Zuordnungen zwischen Simulation und ML zu 9-R Aktivitäten in einem Plattformkonzept potenziell koppelbar erscheinen. Tabelle 1 soll daher als Basis für die Expertendiskussion dienen.

Aktivität	M	P	O	Z	Q	K	V	I	Ö
Kopplung?	XX	XX	X	XX	XX	XX	0	X	XX
Plattform?	X	0	X	X	0	X	X	X	X

Tabelle 1: Übersicht zu 9-R und Kopplungsfällen (0-ungeeignet, X-geeignet, XX-bereits umgesetzt, **Markierung** – Einschätzung der Autoren)

Dabei wird die Kombination aus bisher umgesetzten (XX) Kopplungen und für die Plattform potenziell geeigneten (X) Ansätzen nicht genauer betrachtet und lediglich die übrigen Aktivitäten zur Diskussion gestellt.

Quelle	Fall	9-R Aktivitäten	Zielgrößen
[17]	1	Zeitpunkt, Produkt	Durchlaufzeit, Lieferzeiten, Zeitplan Produktionsprozess, Bearbeitungszeit Baugruppen
[14]	1	Zeitpunkt, Qualität	Reihenfolgeplanung, Instandhaltungsmaßnahmen
[12]	3	[Nicht benannt]	Reduzierung der Zeit zur Parametrisierung und Aktualisierung eines Simulationsmodells
[18]	2	Zeitpunkt	Simulation unterstützt ML-basiertes Entscheidungsmodell zur optimierten Produktionssteuerung
[19]	2	Zeitpunkt	Aufwandsarme Generierung eines Simulationsmodells für das Training RL-basierte Auftragsplanung
[20]	4	Menge, Kosten	Kosten und β -Servicelevel bspw. durch Neuverteilung von Beständen optimiert
[21]	3	ökologischer Fußabdruck	Vorhersage von Produktionsparametern für die Reduzierung des Energieverbrauchs

Tabelle 2: Zuordnung von Literaturquellen zur Kopplungsfällen der Simulation und ML sowie Supply Chain Aktivitäten

Richtiges Produkt [P] erscheint ungeeignet für eine Plattform, da sich diese Kategorie auf technische Anforderungen an das Produkt fokussiert.

Richtiger Ort [O] erscheint geeignet, da mehrstufige Produktionsprozesse bspw. eine komplexe Routenplanung erfordern können, um Transporte zu minimieren.

Richtige Qualität [Q] erscheint ungeeignet, da hier ebenfalls technische und funktionale Aspekte im Vordergrund stehen, die bspw. über Anforderungsmanagement auf einer Plattform abgedeckt werden sollten.

Richtige Verpackung [V] erscheint für die Plattform geeignet aufgrund möglicher Effizienzgewinne im Transport, aber für die Kopplung ungeeignet aufgrund der detaillierten, produktspezifischen Informationen, die im Pre-Sales-Prozess bereits bekannt sein müssen.

Richtige Informationen [I] erscheint geeignet für eine Kopplung und Plattform, da bspw. Informationen für die weitere Produktions- oder Logistikplanung aus bisher bekannten Plattformaufträgen näher bestimmt und an Kunde oder Hersteller bereitgestellt werden können.

Ein Servicestack für einen plattformbasierten Simulationsservice, der ML einbezieht, könnte sich demnach aus den logistischen Aktivitäten *Menge, Ort, Zeit, Kosten, Informationen und ökologischem Fußabdruck* zusammensetzen. Es ist anzumerken, dass der Kostenaspekt nicht immer explizit evaluiert wird, sondern gegebenenfalls als Gesamtziel übergeordnet formuliert wird. Zudem basiert die Einschätzung der Plattform-Eignung in Tabelle 1 auf den Erfahrungen der Autoren. Kriterien zur quantitativen Bewertung der Würdigkeit von Simulation und ML sollen zukünftig als Hilfe dienen, um den Mehrwert durch die Verknüpfung der Verfahren im Vergleich zum isolierten Einsatz der Verfahren zu bewerten.

Danksagung

Die Autoren danken dem BMWK und Projektträger DLR für die Unterstützung durch das Projektes *KISS – KI-gestütztes Rapid Supply Network* (FKZ: 01MK22001F).

Referenzen

- [1] Harwardt, M., Haselhoff, V., 2022. Digitale Plattformen und Marktplätze: Grundlagen plattformbasierter Geschäftsmodelle, 1st ed. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [2] Porter, M.E., Jaeger, A., 1986. Wettbewerbsvorteile: Spitzenleistungen erreichen und behaupten. Campus Verl., Frankfurt/Main, New York, 688 pp.
- [3] Jaekel, M., 2017. Die Macht der digitalen Plattformen. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [4] Weinreich, U., 2016. Lean Digitization. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [5] Kempf, D., Heckler, S., 2021. German B2B Platforms' Contribution Towards a Resilient Economy, in: Voigt, K.-I., Müller, J.M. (Eds.), Digital Business Models in Industrial Ecosystems. Lessons Learned from Industry 4.0 Across Europe, 1st ed. Springer, pp. 89–103.
- [6] SEVEN "RIGHTS" OF LOGISTICS, in: Swamidass, P.M. (Ed.), Encyclopedia of Production and Manufacturing Management. Springer US, Boston, MA, p. 684.
- [7] Jünemann, R., 1989. Materialfluss und Logistik: Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. Springer, Berlin, 762 s.
- [8] Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., Furmans, K., 2008. Handbuch Logistik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [9] Zijm, H., Klumpp, M., Regattieri, A., Heragu, S., 2019. Operations, logistics and supply chain management. Springer International Publishing, Cham, 734 pp.
- [10] Kang, Z., Catal, C., Tekinerdogan, B., 2020. Machine learning applications in production lines: A systematic literature review. Computers & Industrial Engineering 149, 106773.
- [11] Doukidis, G.I., Angelides, M.C., 1994. A framework for Integrating Artificial Intelligence and Simulation. Artif Intell Rev 8 (1), 55–85.
- [12] Vernickel, K., Brunner, L., Hoellthaler, G., Sansivieri, G., Härdtlein, C., Trauner, L., Bank, L., Fischer, J., Berg, J., 2020. Machine-Learning-Based Approach for Parameterizing Material Flow Simulation Models. Procedia CIRP 93, 407–412.
- [13] Chan, K.C., Rabaev, M., Pratama, H., 2022. Generation of synthetic manufacturing datasets for machine learning using discrete-event simulation. Production & Manufacturing Research 10 (1), 337–353.
- [14] Azab, E., Nafea, M., Shihata, L.A., Mashaly, M., 2021. A Machine-Learning-Assisted Simulation Approach for Incorporating Predictive Maintenance in Dynamic Flow-Shop Scheduling. Applied Sciences 11 (24), 11725.
- [15] Creighton, D.C., Nahavandi, S., 2002. Optimising discrete event simulation models using a reinforcement learning agent, in: Proceedings of the WSC. 2002 Winter Simulation Conference, San Diego, CA, USA. 8-11 Dec. 2002. IEEE, pp. 1945–1950.
- [16] Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2020. VDI 3633 - Blatt 12. Simulation und Optimierung. Beuth-Verlag, Düsseldorf, 24 pp.
- [17] Illgen, B., Sender, J., Flügge, W., 2020. Digital assistance system for target date planning in the initiation phase of large-scale projects. Procedia CIRP 93, 1031–1036.
- [18] Bauer, D., 2022. Lernende ereignisbasierte Optimierung der Produktionssteuerung für die komplexe Werkstattfertigung.
- [19] Steinbacher, L.M., Ait-Alla, A., Rippel, D., Düe, T., Freitag, M., 2022. Modelling Framework for Reinforcement Learning based Scheduling Applications. IFAC-PapersOnLine 55 (10), 67–72.
- [20] M. Rabe, F. Dross, A. Wuttke, 2017. Combining a discrete-event simulation model of a logistics network with deep reinforcement learning.
- [21] Lima, F., Nonogaki, L.K.B.Y., Chang, J., Massote, A.A. Estimation of Energy Consumption in Manufacturing Lines Using Machine Learning into Industry 4.0 Context, in: , 2022 Portland International Conference, pp. 1–7.

ABSTRACT-BEITRÄGE – ABSTRACT-CONTRIBUTIONS

Digitalisierung in der Lehre durch Interaktive Notizbücher und automatisch bewertete Aufgaben (A)

Andreas Apostolatos, Sebastian Groß

RobSimulation: Virtuelle Messzelle zur Planung, zum Testen und zur Optimierung von Prüfanlagen und –abläufen (A)

F. Widdascheck, J. Riemenschneider, L. Schneebeli, D. Garth, C. Assmann, N. Lohse, G. Battenberg

Virtuelle Stochastische Sensoren – Verhaltensrekonstruktion mit verallgemeinerten Modellen (A)

Claudia Krull

From Classic Simulation Circle to Data-Integrated Integrated Simulation (A)

N. Popper, F. Breitenecker, M. Bicher, B. Glock, I. Hafner, M. Mujica Mota, G. Mušic, T. Pawletta, C. Rippinger, M. Rössler, G. Schneckenreither, C. Urach, M. Wastian, G. Zauner, M. Zechmeister

Monte Carlo Simulation zur Untersuchung von Gruppenentscheidungen und deren Konsensbildung (A)

Jana Görs, Graham Horton

The principle of solving a mixed boundary value problem with the help of Hierarchical Matrices (A)

Christina Schwarz

Langbeiträge (L) sind zu finden im

ARGESIM Report 21 Proceedings Langbeiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-61-8, DOI 10.11128/arep.21, ARGESIM Report 21, ASIM Mitteilung 185

Kurzbeiträge (K) und Abstract-Beiträge (A) sind zu finden im

ARGESIM Report 22 Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-62-5, DOI 10.11128/arep.22, ARGESIM Report 22, ASIM Mitteilung 186

Abstracts der Hauptvorträge sind im **ARGESIM Report 21** und im **ARGESIM Report 22** zu finden.

Digitalisierung in der Lehre durch Interaktive Notizbücher und automatisch bewertete Aufgaben

Andreas Apostolatos*, Sebastian Groß

The MathWorks GmbH, Ismaning, Weißenstephaner Strasse 6, 81673 München, Deutschland
aapostol@mathworks.com

Die Umwandlung der Lehre von traditionellen zu digitalen Veranstaltungen bringt viele Vorteile mit sich. Diese Vorteile sind unter anderem die Nachhaltigkeit der unterliegenden Lehrmaterialien, deren interaktive Form, die Flexibilität des Lehrformats, usw.

Die digitale Lehre kann im Gegensatz zur traditionellen Lehre sowohl in einem Präsenz-, Fern- oder auch gerne Hybrid-format stattfinden.

Besonders vorteilhaft für die digitale Lehre ist der Einsatz von interaktiven Notizbüchern. Diese Notizbücher haben ein digitales Format und bieten umfangreiche Interaktivität für die Kursteilnehmer. Kursteilnehmer können Parameter in digitalen Notizbüchern interaktiv anpassen, damit entsprechende Diagramme und Ergebnisse schnell, effizient und aufklärend aktualisiert werden. Diese Fähigkeit ist bei traditionellen statischen Lehrmaterialien nicht vorhanden, wo statische Diagramme und unveränderbare Studien präsentiert werden. Das kann nicht nur zum erhöhten Interesse der Kursteilnehmer für den Kursinhalt führen, sondern auch zu einer größeren Vertrauenswürdigkeit der vorgestellten Methoden und Ergebnisse.

In diesem Vortrag stellen wir die Nutzung von MATLAB Liveskripten als interaktive Notizbücher für die digitale Lehre vor, die ein integraler Bestandteil der Campusweiten MATLAB Lizenzen sind.

Auch der Einsatz von automatisch bewerteten Aufgaben für die digitale Lehre ist sehr wichtig. Grund dafür ist u. a. die Zeitersparnis bei der aufwändigen manuellen Korrektur der von den Studierenden ausgearbeiteten Lösungen und die automatische Bereitstellung von Feedback an die Studierenden, durch das Aufgaben eigenständig und effizient bearbeitet werden können.

Wir präsentieren den Einsatz von MATLAB Grader in diesem Vortrag, der für die automatische Bewertung von auf MATLAB basierenden Aufgaben reibungslos und effizient verwendet werden kann.

Anschließend wird gezeigt, wie MATLAB Grader in üblichen Lehrverwaltungssystemen integriert werden kann, um unter anderem Benotungen automatisch ins Bewertungsbuch des entsprechenden Kurses im Learning Management System zu übertragen. Schlussendlich wird auch das Thema der digitalen Prüfung diskutiert, die mittels MATLAB Grader zusammen mit externen Tools in der Prüfungsplattform effizient und produktiv umgesetzt werden können.

Die in diesem Vortrag vorgestellten Methoden, Ergebnisse und Erfahrungen stammen aus dem Kurs „Erweiterte Themen der Finite Elemente Methode“, der an der Technischen Universität München seit dem Sommersemester 2022 von Andreas Apostolatos geleitet wird.

RobSimulation: Virtuelle Messzelle zur Planung, zum Testen und zur Optimierung von Prüfanlagen und -abläufen

Dr. F. Widdascheck¹, J. Riemenschneider¹, Dr. L. Schneebeil¹, D. Garth¹, C. Assmann¹, N. Lohse¹, Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. G. Battenberg^{1*}

¹Battenberg Robotic GmbH & Co.KG, Zum Stempel 11, 35043 Marburg, Germany;

*g.battenberg@battenberg.biz

Abstract. Objektive, quantitative Messgrößen sind unerlässlich in der Qualitätskontrolle, um reproduzierbare Ergebnisse für ein hochwertiges Benutzererlebnis zu garantieren. Die Nutzung der Messrobotik – Roboter ausgestattet mit der entsprechenden Sensorik- ermöglichen solche Daten für die verlässliche Qualitätskontrolle. Um diese in einer Simulation darzustellen und so z.B. Messabläufe zu Planen und zu optimieren, muss die Simulation nicht nur die Roboterbewegungen ausführen können, sondern zusätzlich Kollisionskräfte erfassen und Sensoren in die Simulation integrieren.

RobSimulation liefert auf Basis der Bullet Physik-Engine diese Kräfte und kann zusätzlich weitere Sensordaten, wie Laserlinien, Bilddaten oder Abstandsmessungen bereitstellen. Damit können durch RobSimulation sowohl geometrische Fragestellungen wie die Erreichbarkeit von Messpunkten, beantwortet werden als auch kraftgesteuerte Messfahrten simuliert werden.

Neben der Planung der Messfahrten, ermöglicht dies komplette Messabläufe auszuführen und insbesondere die Auslegung der Robotik oder die optimale Platzierung der Bauteile zu testen. In Kombination mit der Messsoftware RobFlow™ ergibt sich eine Produktkombination, die die Messrobotik ohne Aufwand von der Realität in die Virtuelle Welt und wieder zurück übertragen lässt.

1 Einleitung

Eine Simulation macht es möglich, Prozesse zu optimieren, noch bevor sie in der Realität ausgeführt werden. Bestehende Abläufe können verbessert werden, ohne dass es zu einem Stillstand kommt. Neue Abläufe können erstellt und auf ihre Machbarkeit überprüft werden, noch bevor sie umgesetzt werden. Roboter müssen nicht mehr aufwändig programmiert, sondern können einfach in der Anwendung erstellt werden. Somit kann weitaus Zeiteffizienter gearbeitet werden. Durch das Einsparen der Zeit und der Optimierung von Prozessen können Produktionskosten gesenkt werden. Wenn die Simulation und die Roboterbewegung erstellt wurde ist es möglich, diese in verschiedenen Werken auf der ganzen Welt durchzuführen. Die Planung und die Durchführung sind folglich ortsunabhängig und können einfach voneinander getrennt werden.

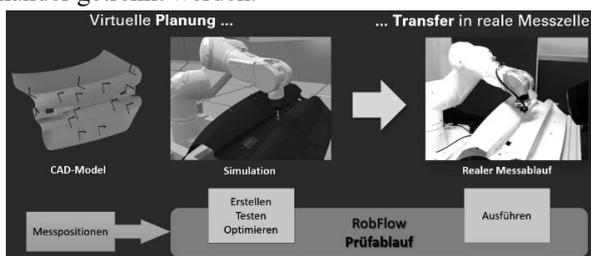


Abb. 1: Schematische Übersicht über die Prozesskette

2 Vom CAD-Model zur realen Messung in 4 Schritten:

2.1 Generierung

Im ersten Schritt wird der digitale Zwilling der Roboterzelle und des digitalen Bauteils generiert und die Roboterpositionen und Bewegungen aus CAD-Daten abgeleitet (inklusive der Mechanik und der notwendigen physikalischen Eigenschaften)

2.2 Modellbasiertes Teach-in-Verfahren

Im zweiten Schritt werden alle Roboterpositionen definiert. Dafür wird die Simulation der Roboter inklusive Werkzeug und Sensorik das Messobjekt eingefügt. Messpunkte können anschließend einfach am CAD-Modell definiert werden oder bereits vorhandene Messpunkte importiert werden.

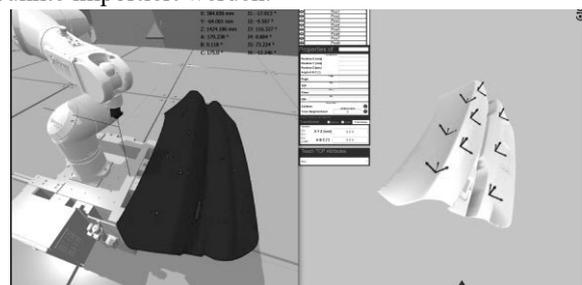


Abb. 2: Einfaches Teachen von Messpositionen am CAD-Modell und Überprüfung der Erreichbarkeit.

2.3 Programmierung des Roboterablaufs in der Simulation

Im dritten Schritt wird der Ablauf mit der bekannten Software RobFlow erstellt. Nachdem die Simulation aufgebaut ist, kann der gewünschte RobFlow™ Prüfablauf zur Steuerung der Simulation erstellt werden. Da die Simulation Kollisionskräfte und andere Sensordaten simuliert, können diese entsprechend analysiert und so benötigte Drehmomente oder Kräfte abgeschätzt oder für Kraftabbrüche eingestellt werden.

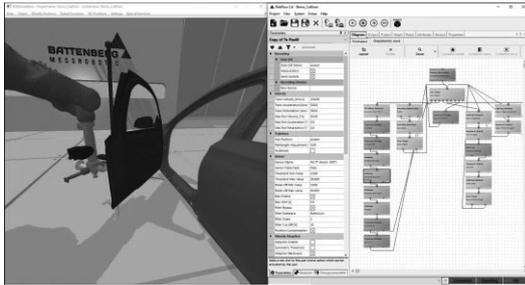


Abb. 3: Komplette Steuerung der Simulation über RobFlow

2.4 Transfer

Im vierten Schritt werden die Simulationsabläufe in die reale Roboterzelle transferiert. Da die Simulation mit Hilfe von RobFlow gesteuert wird ist eine einfache Adaption des Ablaufes und der Messung möglich. Es ist lediglich eine Übertragung der realen Position des Bauteils notwendig. Nachdem der Roboter sich am Werkstück eingemessen hat, kann derselbe RobFlow™ Ablauf in der Realität genutzt werden.

3 Closed Loop

Die realen Messkurven können über eine Closed Loop Schleife wieder zurück in die Simulation eingespeist werden. Dadurch kann die Simulation noch besser an das reale Verhalten angepasst werden.

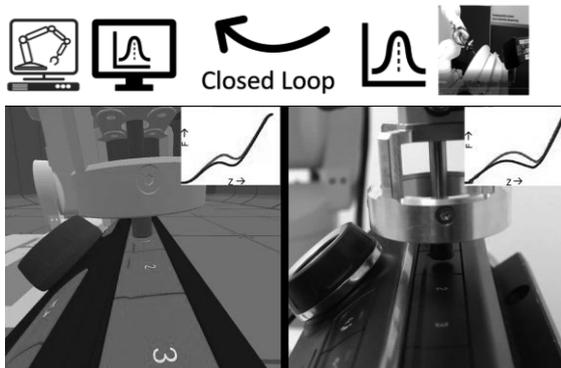


Abb. 4: Realistische Kraftmessungen in der Simulation.

4 Zusammenfassung

RobSimulation ermöglicht die Simulation von Interieur-Prüfverfahren, für haptische Funktionskontrollen, Touchpanel- und Displayprüfungen, Leuchtdichte-Ambiente-Messungen, Steifigkeitsmessungen an Cockpits, Türen, Sitzen, Mittelkonsolen, Dach- oder Bodenverkleidungen und damit ohne großen Aufwand die Aufgaben der Messrobotik zu Planen und zu Optimieren. In Kombination mit der Messsoftware RobFlow™ können erstmalig Interieur/Exterieur-Prüfverfahren virtuell generiert, simuliert und direkt auf realen Messroboter-Systemen ausgeführt werden.

5 Highlights

- Planung und Dimensionierung des Roboters, der Werkzeuge und der Sensoren für maximale Erreichbarkeit, Drehmomente und erreichbare Geschwindigkeiten.
- Programmierung der Messabläufe, bevor das physische Bauteil vorhanden ist.
- Kein Produktionsstillstand zur Programmierung - Offline-Optimierung der Erreichbarkeit und der Taktzeit.
- Keine Manuelle Roboterprogrammierung: Überträgt die simulierten Roboterabläufe direkt auf reale Roboteranlagen.
- Standortübergreifend zusammenarbeiten: Die übertragbaren Simulationsergebnisse sind Standortübergreifend nutzbar, standardisieren Prozesse und generieren dadurch vergleichbare Mess- und Produktionsergebnisse.

Virtuelle Stochastische Sensoren – Verhaltensrekonstruktion mit verallgemeinerten Modellen

Claudia Krull

Institut für Simulation und Graphik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2,
39106 Magdeburg, Deutschland; **claudia.krull@ovgu.de*

Abstract

Virtuelle stochastische Sensoren (VSS) wurden entwickelt zur Verhaltensrekonstruktion von partiell-beobachtbaren stochastischen Systemen. Diese Systeme haben ein stochastisches Zeitverhalten, welches nicht beobachtbar ist, und erzeugen beobachtbare Ausgaben durch einen zweiten stochastischen Prozess basierend auf dem verborgenen Systemverhalten. Die Rekonstruktion des erzeugenden Verhaltens im stochastischen System anhand dieser Ausgaben kann man als inverses Problem im Bereich Simulation und Modellierung sehen. VSS können dieses inverse Problem spezifizieren und lösen. Anhand von Protokollen unterschiedlicher Systemausgaben schätzen VSS ab, was system-intern wahrscheinlich abgelaufen ist, um diese Ausgaben zu erzeugen. [1]

VSS wurden bereits erfolgreich prototypisch eingesetzt. Bei der Disaggregation des Energieverbrauchs eines Haushalts konnte aus einem kumulativen Energieverbrauch der Beitrag der jeweiligen Verbraucher ermittelt werden, mit dem entsprechenden Nutzungsverhalten (englisch: NIALM, non-intrusive appliance load monitoring). Dies ermöglicht eine Analyse und Anpassung des Nutzungsverhaltens von elektrischen Geräten. [2]

Bei der Verhaltensrekonstruktion im Bereich Ambient Assisted Living wurden anhand von Bewegungs- und Türsensoren die Aktivitäten des Bewohners eines Apartments ermittelt. Das kann genutzt werden zur Erkennung von Abweichungen von der täglichen Routine, akuten Notfällen oder zur Früherkennung degenerativer Erkrankungen. [3]

Dabei wurden in den bisherigen Anwendungen die VSS Modelle mit Daten eines bestimmten System parametrisiert und dann zur Rekonstruktion des Verhaltens des gleichen Systems genutzt. Um VSS praktisch anwendbar zu machen, müssen portable und skalierbare Methoden erarbeitet werden. Eine Möglichkeit dabei sind verallgemeinerte Modelle für Systeme mit ähnlicher Struktur. Dadurch kann die Phase der Anpassung eines VSS auf einen konkreten Anwendungsfall verkürzt oder komplett eliminiert werden, d.h. es muss nicht für jeden Haushalt eine neues Modell für den Energieverbrauch oder die täglichen Aktivitäten trainiert werden. Die Vorgehensweise ist

erfolgsversprechend, da es große Ähnlichkeiten gibt zwischen den Verbraucher Setups verschiedener Haushalte oder den Aktivitäten von Bewohnern einer Wohnanlage. Durch ein standardisiertes Sensorsetup könnten hier Start-Modelle mit vertretbarem Aufwand an einen bestimmten Haushalt angepasst werden, oder ohne zusätzlichen Anpassungsaufwand verallgemeinerte Modelle zur Rekonstruktion genutzt werden. Diese Vorgehensweise ist auch bei anderen Methoden, die auf dem Gebiet der NIALM oder AAL eingesetzt werden üblich, z.B. bei neuronalen Netzen.

Erste Ansätze werden aktuell untersucht anhand von Daten aus dem CASAS Projekt der Washington State University. Hier wurden in einer Seniorenwohnanlage ca. 30 Wohneinheiten mit ähnlichem Sensorsetup Daten zu den Aktivitäten der Bewohner erhoben. Daran untersuchen wir Möglichkeiten daraus verallgemeinerte VSS für Bewohnerverhalten und Sensordaten abzuleiten, die aus Daten anderer Wohneinheiten sinnvolle Rekonstruktionen des Bewohnerverhaltens erstellen können. Herausforderungen sind dabei die Verallgemeinerung der Sensoren, bzw. aufgezeichneten Signale, aber auch die Verallgemeinerung der Modelle und des Systemverhaltens selbst. Auch die Anpassung eines allgemeinen Modells an ein spezifisches System ist ein komplexes Problem und schließt an ein laufendes Forschungsprojekt zur Modellanpassung in sich verändernden Systemen an. Langfristiges Ziel ist es, die praktische Anwendbarkeit von VSS in Bereichen wie AAL und NIALM zu testen, und durch die Bereitstellung von verallgemeinerten Modellen und Vorgehensweisen diese in der Praxis nutzbar zu machen.

References

- [1] C. Krull, Virtual Stochastic Sensors: Formal Background and Example Applications, Magdeburg: Shaker Verlag Düren, 2021.
- [2] C. Krull, M. Thiel, and G. Horton. Testing Applicability of Virtual Stochastic Sensors for Non-Intrusive Appliance Load Monitoring. In Proceeding of the Ninth International Workshop on Practical Applications of Stochastic Modelling, 2017.
- [3] L. Fialho Müller. Feasibility and Applicability of Virtual Stochastic Sensors for Human Activity Recognition in the Context of Ambient Assisted Living, Master Thesis, Otto-von-Guericke Universität 2021

From Classic Simulation Circle to Data-Integrated Integrated Simulation

N. Popper^{1*,2}, M. Bicher¹, F. Breitenecker³, B. Glock^{1,4}, I. Hafner¹, M. Mujica Mota⁵, G. Mušič⁶, T. Pawletta⁷, C. Rippinger¹, M. Rössler¹, G. Schneckenreither¹, C. Urach^{1,4}, M. Wastian^{1,4}, G. Zauner^{1,4}, M. Zechmeister^{1,4}

¹ Research Unit of Data Science, TU Wien, Favoritenstrasse 9-11, 1040 Vienna, Austria; nikolas.popper@tuwien.ac.at

² Research Unit of Computational Statistics, TU Wien, Wiedner Hauptstrasse 8-10, 1040 Vienna; Austria

³ Inst. of Analysis and Scienti1c Computing, TU Wien, Wiedner Hauptstrasse 8-10, 1040 Vienna; Austria

⁴ dwh Simulation Services, Neustiftgasse 57-59, 1070 Vienna;

⁵ Amsterdam University of Applied Sciences, Aviation Academy, 1097 DZ Amsterdam, The Netherlands

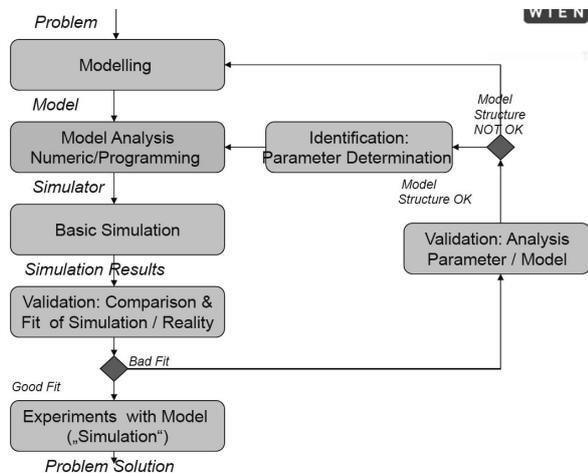
⁶ Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana, Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenia

⁷ Research Group CEA, Univ. Wismar, Philipp-Müller-Straße 14, 23966 Wismar, Germany

Abstract. This note summarises the status of the work of EUROSIM's and ASIM's Technical Committees "Data Driven System Simulation" - with main emphasis on Big Data integration in simulation. This overview suggests ten developed concepts and methods, which should be considered, implemented and documented in modern simulation studies with Big Data - replacing and extending essentially the classical simulation circle.

Classical Simulation Circle

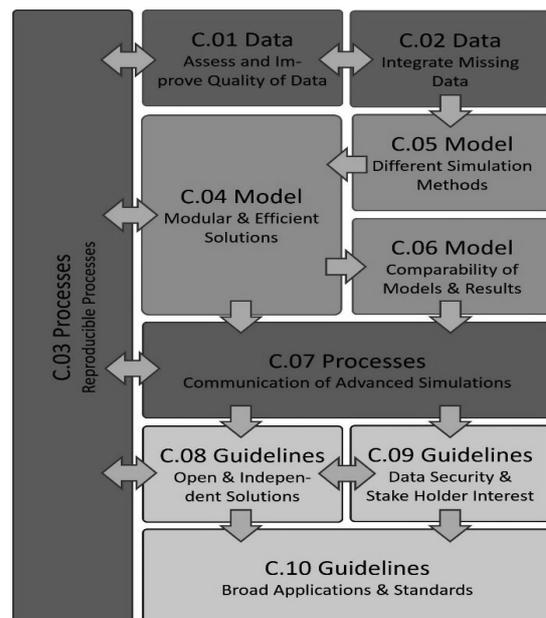
The classical simulation circle (below) is not any longer suitable for up-to-date simulation studies. It starts directly with the modelling process with a-priori given method, assumes that appropriate data are available, provides only model variations for identification and validation, and compiles results without analysis. Furthermore, any methods for up-to-date quality control for data, models and process itself are missing.



Simulation Integrating Concepts

Research work from institutions 1 – 4 has initiated the development of a ‘new’ simulation circle within EUROSIM’s and ASIM’s Technical Committees of integration of necessary methods: *Simulation Process with Integrated Concepts*. Main emphasis is the full integration of data-providing and data-reconditioning processes and the integration of methods for quality control, communication, guidelines, etc. in sequential, parallel and fed-back simulation process structures (below).

A first full description has been published in *Methods for Integrated Simulation - 10 Concepts to Integrate*, N. Popper et al., Simulation Notes Europe SNE 32(4), 2022, 225-236, DOI: 10.11128/sne.32.on.10627



Monte Carlo Simulation in IT-gestützten Gruppenentscheidungen

Jana Görs*, Graham Horton

Institut für Simulation und Graphik, Otto Otto-vonvon-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg, Deutschland; * jana.goers@ovgu.de

Zusammenfassung. In diesem Vortrag geht es darum, wie die Monte Carlo Simulation bei der Analyse und der Konsensfindung von Gruppenentscheidungen unterstützen kann. Gruppenentscheidungen sind in Organisationen und der Wirtschaft alltäglich. Beispiele dafür sind: einen Kandidaten in einer Berufungskommission auswählen, einen passenden Lieferanten identifizieren oder entscheiden, welche Produktidee als nächstes entwickelt werden soll.

Eine Gruppenentscheidung besteht typischerweise aus einem Dutzend Alternativen, einer handvoll Kriterien und Experten. Die Experten bewerten die Leistung der Alternativen anhand von Kriterien, sowie die Wichtigkeit jedes Kriteriums. Diese Bewertungen können sich unterscheiden, dann heißen sie Diskrepanzen. Typischerweise werden diese Diskrepanzen gemittelt, um das notwendige Single-User Input für die Entscheidungsverfahren zu berechnen. Das hat zwei entscheidende Nachteile: a) die Mittelung entspricht keinem der Expertenmeinungen und b) die Gefahr steigt, dass die Gruppe das Ergebnis so ablehnt. Bisher gab es keinen Ansatz, um eine Gruppe zu einem Entscheidungsergebnis zu führen, der ohne die Mittelwertbildung auskommt.

Die *Combinatorial Multi-Criteria Acceptability Analysis* (CMAA) [1] ist ein Framework, um Single-User Input Entscheidungsverfahren ohne Mittelwertbildung für die Analyse von Gruppenentscheidungen und zur Konsensbildung einzusetzen. Das Verfahren baut explizit auf den Erkenntnissen von Mental Models auf. Demnach müssen verschiedene Bewertungen erhalten bleiben, um einen echten Konsens erreichen zu können. In CMAA werden daher alle unterschiedlichen Bewertungen kombiniert. Der Raum aller Kombinationen von Einzelbewertungen kann viele Milliarden Instanzen der Entscheidung enthalten. Das Standard-Entscheidungsverfahren bestimmt dann ein Ranking der Alternativen für jede Instanz. Daraus wird über alle Instanzen die Stärke jeder Alternative ermittelt. Auf der Basis der Shannon Information Entropy bietet CMAA eine Heuristik, die zeigt,

welche Auflösung die Gruppe einem genuinen Konsens am schnellsten näherbringen würde.

Mit CMAA lassen sich nun für die Gruppenentscheidung interessante Kenngrößen sowohl für die Analyse einer Entscheidung als auch für die Konsensbildung ermitteln:

- a) welche Diskrepanz entscheidend für die Stärke einer Alternative ist und
- b) welche Diskrepanzauflösung den größten Konsensfortschritt verspricht.

Für Entscheidungsprobleme mit > 100 Milliarden Instanzen würde die Rechenzeit mehrere Tage betragen. Im Vergleich dazu benötigt die Monte Carlo Simulationen (MCS) weniger als eine Sekunde Rechenzeit. Denn sie verwendet nur zufällige Stichproben aus dem Kombinationsraum und löst jede Instanz mit einer Standard-Entscheidungsmethode. Die Resultate aller Stichproben werden statistisch ausgewertet. Damit können dann ebenfalls alle Kenngrößen aus der vollen Kombinatorik ermittelt werden. Es sind etwa 30.000 Stichproben erforderlich, um ein 95%iges Konfidenzintervall der Breite 0,01 zu erzeugen. Diese Genauigkeit reicht für das Verfahren aus. Die Simulation kann so als interaktive Unterstützung während einer Gruppendiskussion eingesetzt werden.

Mit Hilfe von CMAA können Single-User-Input Entscheidungsmethoden auch für Gruppenentscheidungen eingesetzt werden. Die MCS sorgt dafür, dass

- a) CMAA Probleme mit sehr großen Instanzzahlen berechnen kann,
- b) die Konsensbildung interaktiv durchgeführt werden kann und
- c) weitere Leistungsfaktoren analysiert werden können.

Literatur

- [1] Goers J, Horton G. Combinatorial multi-criteria acceptability analysis: A decision analysis and consensus-building approach for cooperative groups. *European Journal of Operational Research*, Volume 308, Issue 1, p. 243-254 (2022)
DOI 10.1016/j.ejor.2022.12.002

The principle of solving a mixed boundary value problem with the help of Hierarchical Matrices

Christina Schwarz

Chair of Scientific Computing, University of Bayreuth

Abstract. The boundary element method [1] can be used to solve a mixed boundary value problem, when only interested in the solution on the boundary. This results in a reduction of dimension, but also in a non-sparse operator. Thus, we want to approximate the involved integral operators using Hierarchical matrices [3, 4] in order to reduce storage. After splitting a matrix into several blocks, these blocks can be approximated by an outer product form using the algorithm “adaptive cross approximation”, see [3].

1 The boundary element method

We consider the homogeneous Laplace equation

$$\begin{aligned} Lu(x) &= 0, & x \in \Omega \\ \gamma_0 u(x) &= g_D, & x \in \Gamma_D \\ \gamma_1 u(x) &= g_N, & x \in \Gamma_N \end{aligned} \quad (1)$$

with the trace operator γ_0 and the conormal derivative γ_1 .

Using the boundary element method [1], we only consider the unknowns on the boundary, resulting in a reduction of dimension, but also in a non-sparse operator.

The symmetric formulation of the boundary integral equations can be written as [1]

$$\begin{pmatrix} D & K' \\ -K & V \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{u} \\ \tilde{t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -D & \frac{1}{2}I - K' \\ \frac{1}{2}I + K & -V \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{g}_D \\ \tilde{g}_N \end{pmatrix}, \quad (2)$$

with the boundary integral operators

- single layer potential operator V
- double layer potential operator K
- adjoint double layer potential operator K'
- hypersingular integral operator D

and the extensions of the Dirichlet and Neumann data

- $\tilde{g}_D = g_D$ on Γ_D , $\tilde{g}_D = \gamma_0 u - \tilde{u}$ on Γ_N
- $\tilde{g}_N = g_N$ on Γ_N , $\tilde{g}_N = \gamma_1 u - \tilde{t}$ on Γ_D .

In order to avoid the computation of the hypersingular integral operator D , we can use an alternative approach, see [2]. With the help of an approximated Steklov-Poincaré operator we can derive a non-symmetric formulation which only involves single and double layer potential operators.

2 Approximation of the integral operator by Hierarchical matrices

As the involved integral operators are fully-populated, Hierarchical matrices can be used as approximation in order to reduce storage. The matrix is, thus, split into several admissible blocks, which can then be approximated and stored as outer product form. For more details, see [3, 4].

The algorithm “adaptive cross approximation”, see [3], is used to create the columns and rows of the matrices U and V , where UV^T approximates A exactly at some rows and columns (representing several “crosses”).

References

- [1] Olaf Steinbach. *Numerische Näherungsverfahren für elliptische Randwertprobleme - Finite Elemente und Randelemente*, Teubner, 2003.
- [2] Olaf Steinbach. *Mixed approximations for boundary elements*, Siam J. Numer. Anal., 38(2), pp. 401-413, 2000.
- [3] Mario Bebendorf. *Hierarchical Matrices*, Springer, 2008.
- [4] Wolfgang Hackbusch. *Hierarchical Matrices: Algorithms and Analysis*, Springer, 2015.

LANGBEITRÄGE – LONG CONTRIBUTIONS

- Implementing Thermodynamic Cyclic Processes Using the DLR Thermofluid Stream Library (L), Session EDU; *Peter Junglas*
- Durchführung eines Simulationsprojektes im Simulationspraktikum (L), Session EDU
Heiderose Stein, Tobias Uhlig, Oliver Rose
- Studieren mit digitalen Medien (L), Session EDU; *Nico Marten, Kathrin Thiele*
- Industrial Methods and Digital Tools for Craft Professionals – A use case deploying Discrete Event Simulation and Virtual Reality (L), Session EDU;
Bastian Prell, Jörg Reiff-Stephan
- Entwurf einer Modellbibliothek für die kostengünstige Funktionsentwicklung mechatronischer Systeme (L), Session STS; *Sven Jacobitz, Jie Zhang, Xiaobo Liu-Henke*
- Entwicklung der adaptiven lokalen Trajektorienplanung zur Realisierung des kollisionsfreien Fahrens (L), Session STS; *Jie Zhang, Xiaobo Liu-Henke, Thomas Vietor*
- Gekoppelte Simulation des Einspritz- und Verbrennungsvorgangs eines Industrie-Dieselmotors (L), Session STS
Daniel Jörss, Maximilian Ringel, Bert Buchholz, Christian Fink
- Automatisches Mapping des dynamischen Umfelds in einem cyber-physischen Systemen (L), Session STS; *Taihao Li, Marian Göllner, Sven Jacobitz, Xiaobo Liu-Henke*
- Konzept eines ganzheitlichen, hochflexibel konfigurierbaren HiL-Prüfsystems für den Test autonomer Fahrfunktionen (L), Session STS
Xiaobo Liu-Henke, Marian Göllner, Sven Jacobitz, Jie Zhang
- Towards a Scenario Toolkit for Autonomous Systems (L), Session STS
Ahmad Naja, Siddhartha Gupta, Umut Durak, Sven Hartmann
- Critical Scenario Techniques for Automated Vehicles: Literature Review (L), Session STS
Kaan Akgün, Umut Durak, Siddhartha Gupta
- Iterative Scenario-Based Testing in an Operational Design Domain for Artificial Intelligence Based Systems in Aviation (L), Session STS
Bojan Lukic, Jasper Sprockhoff, Alexander Ahlbrecht, Siddhartha Gupta, Umut Durak
- Simulation-based Verification of Functions for Autonomous Drones (L), Session STS
Hamza Ghezali, Siddhartha Gupta, Umut Durak
- Ein Gütemaß für Virtuelle Stochastische Sensoren - Beobachtbarkeit Typ-3 (L), Session GMMS; *Pascal Krenckel, Claudia Krull*
- Integrating Reinforcement Learning and Discrete Event Simulation Using the Concept of Experimental Frame: A Case Study With MATLAB/SimEvents (L), Session GMMS
Thorsten Pawletta, Jan Bartelt
- Dynamic Time Warping und Synthesedaten zur Validierung von Seq2Seq für die Simulation (L), Session GMMS; *Benjamin Wörrlein, Steffen Straßburger*
- Simulationsbasierte Untersuchung von Energieflexibilität bei der Optimierung in der Hinterlandentwässerung (L); *Marvin Hempel, Jens Heger*

Langbeiträge (L) sind zu finden im

ARGESIM Report 21 Proceedings Langbeiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-61-8, DOI 10.11128/arep.21, ARGESIM Report 21, ASIM Mitteilung 185

Kurzbeiträge (K) und Abstract-Beiträge (A) sind zu finden im

ARGESIM Report 22 Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-62-5, DOI 10.11128/arep.22, ARGESIM Report 22, ASIM Mitteilung 186

Abstracts der Hauptvorträge sind im **ARGESIM Report 21** und im **ARGESIM Report 22** zu finden.

AUTORENINDEX – INDEX OF AUTHORS

ASIM WORKSHOP 2023 STS/GMMS/EDU – KURZBEITRÄGE & ABSTRACT-BEITRÄGE

- A. Ahlbrecht (L: 95)
K. Akgün (L: 87)
A. Apostolatos 21
C. Assmann 23
J. Bartelt (L: 125)
G. Battenberg 23
M. Bicher 27
M. Böhm 3, (L: 153)
F. Borgmann 9
F. Breitenecker 27
B. Buchholz (L: 55)
U. Durak (L: 77, 87, 95, 103)
C. Fink (L: 55)
D. Garth 23
H. Ghezali (L: 103)
B. Glock 27
M. Göllner (L: 63, 71)
J. Görs 29
S. Groß 21
P. Grzona 15
S. Gupta (L: 87, 95, 103)
I. Hafner 27
S. Hartmann (L: 77)
M. Hempel (L: 143)
J. Heger (L: 143)
G. Horton 5, 29, (L: 155)
S. Jacobitz (L: 37, 63, 71)
D. Jörss (L: 55)
P. Junglas (L: 3)
N. Kalbe 9
P. Krenckel (L: 117)
C. Krull 25, (L: 117)
T. Li (L: 63)
M. Linder 3, (L: :153)
X. Liu-Henke (L: 37, 45, 63, 71)
N. Lohse 23
B. Lukic (L: 95)
N. Marten (L: 19)
M. Münnich 15
M. Mujica Mota 27
G. Mušić 27
N. Popper 27
T. Pawletta 27, (L:125)
B. Prell (L: 27)
J. Reiff-Stephan (L: 27)
J. Riemenschneider 23
M. Ringel (L: 55)
C. Rippinger 27
M. Rössler 27
O. Rose (L: 11)
G. Schneckenreither 27
L. Schneebeili 23
C. Schwarz 31
J. Sprockhoff (L: 95)
H. Stein (L: 11)
S. Straßburger (L: 133)
K. Thiele (L: 19)
T. Turmaz 9
T. Uhlig (L: 11)
C. Urach 27
T. Vietor (L: 45)
M. Wastian 27
F. Widdascheck 23
B. Wörrlein (L: 133)
G. Zauner 27
M. Zechmeister 27
J. Zhang (L: 37, 45, 71)
F. Zumpe 15

Langbeiträge (L) sind zu finden im **ARGESIM Report 21**

Proceedings Langbeiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-61-8, DOI 10.11128/arep.21, ARGESIM Report 21, ASIM Mitteilung 185

Kurzbeiträge (K) und Abstract-Beiträge (A) sind zu finden im **ARGESIM Report 22**

Kurzbeiträge & Abstract-Beiträge ASIM Workshop 2023 STS/GMMS/EDU

ISBN ebook 978-3-903347-62-5, DOI 10.11128/arep.22, ARGESIM Report 22, ASIM Mitteilung 186

Abstracts der Hauptvorträge sind im **ARGESIM Report 21** und im **ARGESIM Report 22** zu finden.

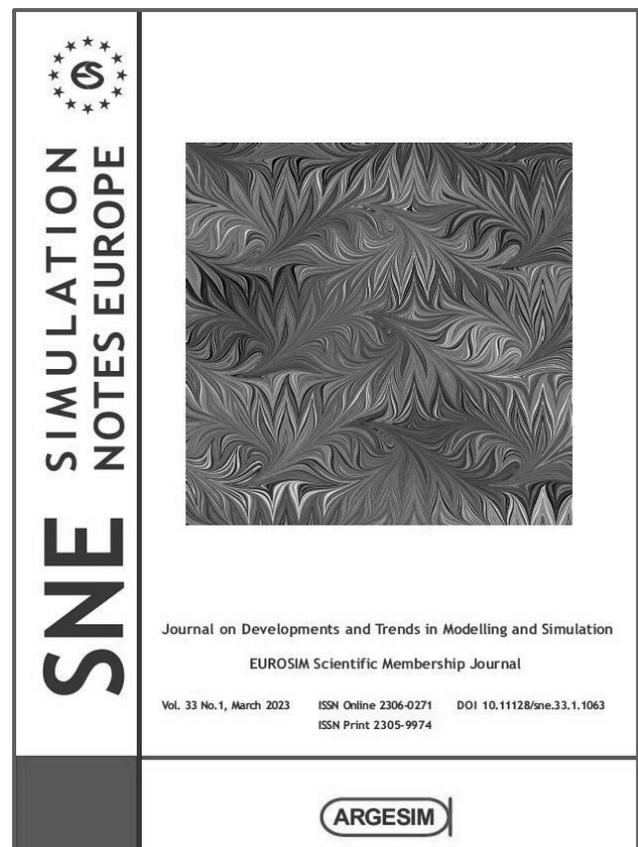
SNE SIMULATION NOTES EUROPE

Simulation Notes Europe (**SNE**) provides an international, high-quality forum for presentation of new ideas and approaches in simulation - from modelling to experiment analysis, from implementation to verification, from validation to identification, from numerics to visualisation - in context of the simulation process.

SNE seeks to serve scientists, researchers, developers and users of the simulation process across a variety of theoretical and applied fields in pursuit of novel ideas in simulation and to enable the exchange of experience and knowledge through descriptions of specific applications. **SNE** puts special emphasis on the overall view in simulation, and on comparative investigations, as benchmarks and comparisons in methodology and application. Additionally, **SNE** welcomes also contributions in education in / for / with simulation.

SNE is the official membership journal of **EUROSIM**, the Federation of European simulation societies and simulation groups, and the scientific membership journal of **ASIM**, the German simulation society. **SNE** is open for post-conference publications and for special issues organized by **EUROSIM** societies, e.g. **ASIM** thematic special issues or **ASIM** post-conference special issues.

SNE is primarily an electronic journal and follows an open access strategy, with free download in basic layout. Members of **EUROSIM** societies, as **ASIM**, **SIMS**, e.g. are entitled to download **SNE** in an elaborate and extended layout. Print **SNE** is available for specific groups of **EUROSIM** societies.



www.sne-journal.org

ISBN ebook 978-3-903347-62-5
ARGESIM Report 22
www.argesim.org

DOI 10.11128/arep.22
ASIM Mitteilung 186
www.asim-gi.org